

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

**Herausgeber:** Association suisse des électriciens

**Band:** 1 (1910)

**Heft:** 12

**Artikel:** Ueber den Zusammenhang der nominellen Umdrehungszahl mit der nominellen Leistung bei normalen elektrischen Maschinen

**Autor:** Kummer, W.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056614>

### **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:** 18.01.2025

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

# SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich und wird unter Mitwirkung einer vom Vorstand des S. E. V. ernannten Redaktionskommission herausgegeben.

Alle den Inhalt des „Bulletin“ betreffenden Zuschriften sind zu richten an die

Redaktion: Ing.-Consulent Dr. W. Kummer,  
Mythenstrasse 15, Zürich II (Telephon 5806)

Alle Zuschriften betreffend Abonnement, Expedition und Inserate sind zu richten an den

Verlag: Fachschriften-Verlag A.-G., Zürich  
Bahnhofstrasse 61, Zürich I (Telephon 6741)

Est publié sous la direction d'une Commission de Rédaction nommée par le Comité de l'A. S. E.

Ce bulletin paraît mensuellement.

Toutes les communications concernant la matière du „Bulletin“ sont à adresser à la

Rédaction: Ing.-Conseil Dr. W. Kummer  
Mythenstrasse 15, Zurich II (Téléphone 5806)

Toutes les correspondances concernant les abonnements, l'expédition et les insertions sont à adresser à

l'éditeur: Fachschriften-Verlag A.-G., Zurich  
Bahnhofstrasse 61, Zurich I (Téléphone 6741)

I. Jahrgang  
1<sup>e</sup> Année

Bulletin No. 12

Dezember 1910  
Décembre 1910

## Ueber den Zusammenhang der nominellen Umdrehungszahl mit der nominellen Leistung bei normalen elektrischen Maschinen.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.<sup>1)</sup>

Seitdem der Bau elektrischer Maschinen Gegenstand einer geordneten Massenfabrikation geworden ist, führen die Konstruktionsfirmen Listen über sogenannte „normale elektrische Maschinen“, deren nominelle oder listenmässige Umdrehungszahlen umso höher liegen, je kleiner die Leistungsfähigkeit der Maschinen gemäss der Liste ist. Solche Listen haben aus den Fabrikatalogen ihren Weg nach und nach auch in die Literatur, insbesondere in die populären Lehrbücher, gefunden. Es ist uns nun aufgefallen, dass von den vielen Autoren, die sich mit der Wiedergabe solcher Listen befassten, noch keiner versucht hat, einen innern Zusammenhang der nominellen Umdrehungszahl zur nominellen Leistung nachzuweisen, und haben wir daher den Versuch eines solchen Nachweises selbst an die Hand genommen. Dieser Versuch bildet den Gegenstand der nachstehend mitgeteilten Erörterung. In Bezug auf die Wiedergabe tabellarischer oder graphischer Gruppierungen nomineller Umdrehungszahlen und Leistungen, wie solche nach Fabrikatalogen in der Literatur zu finden sind, möge hier hingewiesen werden auf einen Vortrag von Dr. F. Niethammer: „Ueber den Entwurf sehr rasch laufender und sehr langsam laufender Maschinen“, der im April 1902 vor dem Berliner Elektrotechnischen Verein gehalten wurde<sup>2)</sup> und für Gleichstrommaschinen und fünfzigperiodige Drehstrommaschinen die vor etwa einem Jahrzehnt gültigen Verhältnisse enthält, sowie auf eine, die heutigen Verhältnisse berücksichtigende Arbeit von Dr.-Ing. R. Goldschmidt: „Ueber die normalen Eigenschaften elektrischer Maschinen“, die als Erweiterung eines im Januar 1908 vor der Institution of Electrical

<sup>1)</sup> Aus einem, vom Verfasser am 6. Mai 1909 vor der Physikalischen Gesellschaft Zürich (Kollektivmitglied des S. E. V.) gehaltenen Vortrage; aus diesem Vortrage sind die besondern, für *Bahnmotoren* geltenden Beziehungen in der „Schweizerischen Bauzeitung“ vom 12. Juni 1909 (Seite 308 von Band LIII) unter dem Titel „Bemessung der Umdrehungszahl bei elektrischen Bahnmotoren“ veröffentlicht.

<sup>2)</sup> Vergl. E. T. Z. 1902 Seite 437.

Engineers in London gehaltenen Vortrages<sup>1)</sup> in deutscher Sprache im Buchhandel erhältlich ist<sup>2)</sup>. Aus den Zusammenstellungen Goldschmidts, die, wie schon erwähnt, für die heutige Praxis charakteristisch sind, möchten wir nachstehend die Angaben über die Umdrehungszahl normaler Gleichstrommaschinen aufführen, die in so weitgehende Grenzen gefasst sind, dass sie auch die Daten für die andern Maschinengattungen umschliessen. In Abbildung 1 reproduzieren wir aus der deutschen Schrift Goldschmidts dessen „Figur 1“, die wir von der Leistung 110 PS erweitern auf die Leistung von 500 PS unter Benutzung der „Tabelle III“ von Goldschmidt. Die strichpunktierte Linie der Abbildung 1 gibt nun als „normale“ Umdrehungszahlen die heute ausschliesslich für Elektromotoren und Dynamomaschinen für Riemenantrieb, bezw. für Triebverhältnisse mit entsprechenden Umdrehungszahlen geltenden; die obere und untere ausgezogene Linie können mit Recht als „obere“ und „untere Grenze“ der in diesem Sinne *normalen* Umdrehungszahlen angesehen werden.

Wie nun im Nachstehenden gezeigt werden wird, ist der Nachweis eines innern Zusammenhanges der nominellen Umdrehungszahl mit der nominellen Leistung gleichbedeutend mit der Anerkennung der allgemeinen Gültigkeit der folgenden drei grundlegenden Beziehungen:

- a) einer Beziehung zwischen der Leistungsfähigkeit einer elektrischen Maschine und der Grösse des das magnetisch aktive Rotormaterial umhüllenden Zylinders,
- b) einer Beziehung zwischen den Hauptabmessungen (Durchmesser und Höhe) dieses Zylinders untereinander,
- c) einer Beziehung zwischen dem Rotordurchmesser und der mechanischen Rotorbeanspruchung bei der Rotation.

Sofern es gelingt, diese Beziehungen analytisch durch einfache und genügend mit der Erfahrung übereinstimmende Formeln darzustellen, wird auch der mathematischen Formulierung eines innern Zusammenhanges der nominellen Umdrehungszahl mit der nominellen Leistung nichts mehr im Wege stehen. Es wäre dann höchstens noch die Frage berechtigt, ob damit dieser Zusammenhang auch erschöpfend dargelegt ist, indem ja bei der Schaffung eines jeden einzelnen normalen Maschinenmodelles, wie sie in den Listen der Konstruktionsfirmen in so grosser Anzahl auftreten, eine Vielheit von Einflüssen berücksichtigt werden musste, um jedes Modell für eine bestimmte Leistung bei einer bestimmten Umdrehungszahl zu einer konstruktiv günstigsten Lösung zu stempeln. Offenbar wird aber diese Frage dann durch die mehr oder weniger grosse Uebereinstimmung entschieden werden, welche der nun gewissermassen a priori aufzustellende Zusammenhang zwischen Umdrehungszahl und Leistung mit den Linien der Abbildung 1 aufweisen wird; ergibt sich dann diese Uebereinstimmung als eine befriedigende, so würde damit bewiesen, dass tatsächlich die drei genannten Beziehungen wirklich die grundlegenden und den Zusammenhang von Umdrehungszahl und Leistung bestimmenden sind.

Nach dieser Bemerkung sollen nun die drei als „grundlegend“ vorausgesetzten Beziehungen analytisch formuliert werden:

1. Eine Beziehung zwischen der Leistungsfähigkeit einer elektrischen Maschine und der Grösse des das magnetisch aktive Rotormaterial umhüllenden Zylinders wird nun gebildet durch die sogenannten *Dimensionierformeln*, wie solche heute allgemein in den Lehrbüchern über Dynamoberechnung mitgeteilt werden. Das Verdienst der Aufstellung einer physikalisch streng richtigen Dimensionierformel gebührt *W. B. Esson*, der dieselbe im April 1891 anlässlich eines Vortrages „Notes on the design of multipolar dynamos“ vor der englischen „Institution of Electrical Engineers“ bekanntgab<sup>3)</sup>. Wir nehmen davon Abstand, diese Dimensionierformel in der Original-Schreibweise Essons hier aufzuführen, teilen sie aber in der im Folgenden zu benutzenden einfachen Schreibweise:

$$(1) \quad V = C \cdot M$$

<sup>1)</sup> Vergl. „Journal of the Institution of Electrical Engineers“ Vol. XL, 1908, Seite 455.

<sup>2)</sup> Erschienen 1909 im Verlag von Julius Springer, Berlin.

<sup>3)</sup> Vergl. „Journal of the Institution of Electrical Engineers“ Vol. XX, 1891, Seite 265 und E. T. Z. 1891 Seite 355.

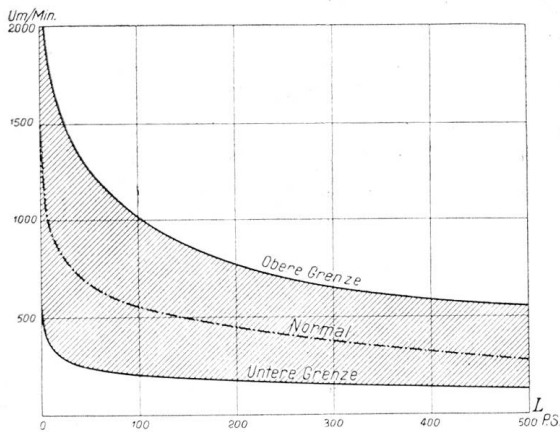


Abbildung 1. Umdrehungszahlen von normalen Gleichstrommaschinen nach R. Goldschmidt.

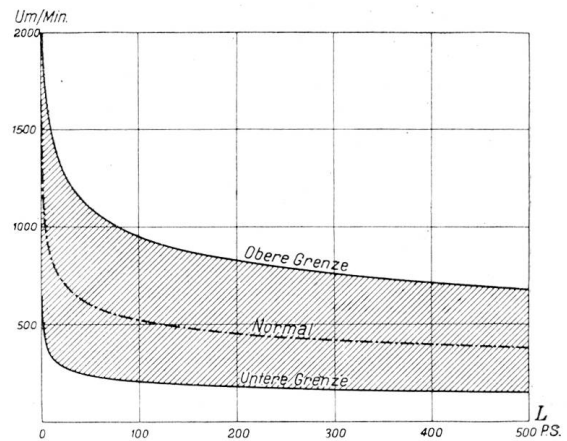


Abbildung 5. Rechnungsmässig ermittelte Kurven der Umdrehungszahl zur Vergleichung der Kurven nach Abbildung 1 mit der Formel (5).

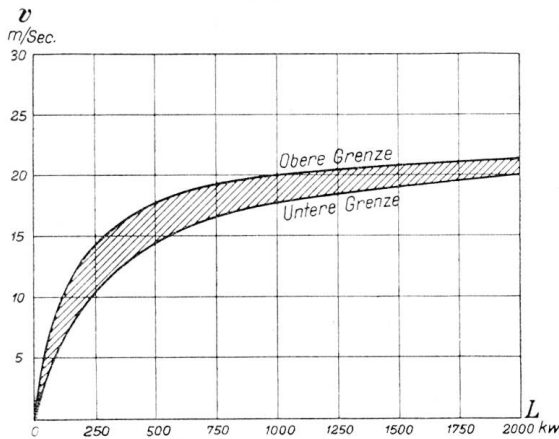


Abbildung 3. Zusammenhang der Umfangsgeschwindigkeiten und Leistungen von Gleichstrommaschinen nach S.P. Thompson.

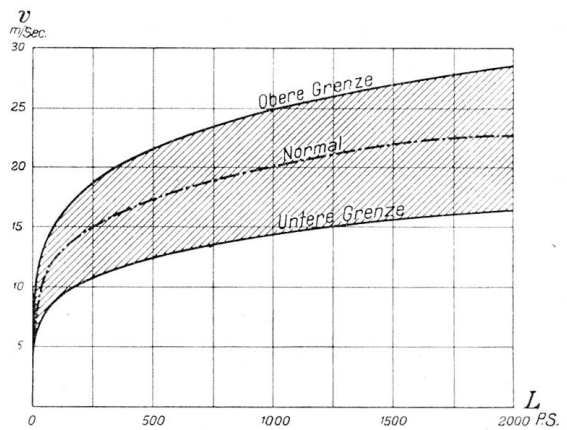


Abbildung 6. Rechnungsmässig ermittelte Kurven der Umfangsgeschwindigkeit zu den Kurven der Umdrehungszahl gemäss Abbildung 5.

mit, in der  $V$  das Volumen in  $\text{cm}^3$  des das magnetisch aktive Rotormaterial umhüllenden Zylinders,  $C$  einen Koeffizienten und  $M$  das in der Maschine elektromagnetisch umgesetzte Drehmoment in  $\text{mkg}$  darstellen. Der Dimensionierungs-Koeffizient  $C$  lässt sich

analysieren in:

$$C = Z \cdot \frac{K}{Q \cdot B}$$

wo  $Z$  die Zahl  $9,81 \times 10^8$ ,  $K$  eine Konstruktionskonstante,  $Q$  die Ampèreleiter auf 1 cm

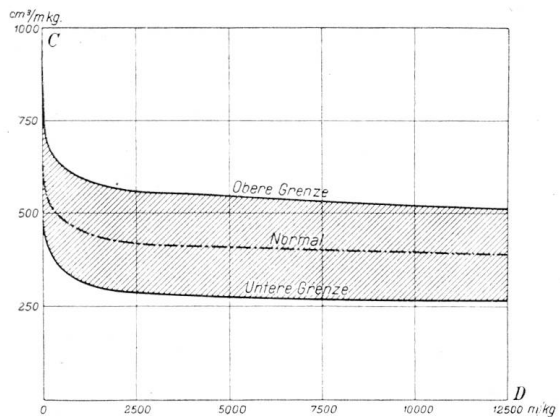


Abbildung 2. Abhängigkeit des Dimensionierungs-Koeffizienten  $C$  von der Maschinengrösse.

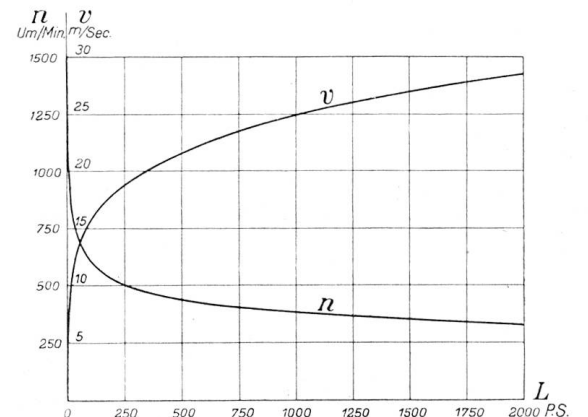


Abbildung 4. Berechneter Zusammenhang für Umdrehungszahl und Leistung, sowie für Umfangsgeschwindigkeit und Leistung bei normalen elektrischen Maschinen.

Armaturumfang und  $B$  die magnetische Induktion im Armatureisen bedeuten. Weil  $K$ ,  $Q$ ,  $B$  für verschiedene Maschinen auch etwas verschiedene Werte annehmen können, so kann auch  $C$  nicht ohne weiteres als eine Konstante betrachtet werden; vielmehr ist  $C$  für grössere Maschinen kleiner als für kleinere Maschinen und bewegt sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflüsse innerhalb von Grenzen, die in Abbildung 2 durch zwei ausgezogene krumme Linien angedeutet sind. In der weitem Verwendung der Dimensionierformel soll hier jedoch mit einem mittleren und konstanten Werte für  $C$  gerechnet werden. Das Zylindervolumen  $V$  wird aus dem Zylinderdurchmesser  $D$  und der Zylinderhöhe  $h$  dargestellt durch die bekannte Formel:

$$(2) \quad V = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot h$$

welche die Wünschbarkeit einer Beziehung zwischen  $D$  und  $h$  ohne weiteres nahelegt.

2. Eine Beziehung zwischen den Hauptabmessungen (Durchmesser und Höhe) des das magnetisch aktive Rotormaterial umhüllenden Zylinders untereinander ist nun schon erheblich schwieriger in einheitlicher Weise zu formulieren, indem hier ein ganzer Komplex von Einzelgesichtspunkten zu berücksichtigen ist; es lassen sich hier technische Gesichtspunkte, wie Polzahl, Polform, Streuung bei Asynchronmaschinen, Kommutation bei Kommutatormaschinen, sowie auch wirtschaftliche Gesichtspunkte, wie Gewicht und Herstellungskosten, in Erwägung ziehen<sup>1)</sup>. Im allgemeinen dürfte jedoch das Streben nach geringsten Material- und Herstellungskosten dazu führen, das Verhältnis von Ankerlänge zu Ankerdurchmesser hinreichend gross zu machen, so dass eine Beziehung:

$$(3) \quad \frac{h}{D} = q$$

in der  $q$  einen genügend grossen und konstanten Wert annimmt, noch am ehesten allgemein gültig ist. Die Wichtigkeit der Wahl des Verhältnisses  $q$  für die Konstruktion elektrischer Maschinen ist in dem bereits genannten Vortrag von *W. B. Esson* wohl erstmals klar ausgesprochen worden.

3. Eine Beziehung zwischen dem Rotordurchmesser und der mechanischen Rotorbeanspruchung bei der Rotation wird gebildet durch die Formeln, mit denen die äussersten Rotorteile gegen die Wirkungen der Fliehkraft auf Festigkeit berechnet werden. Sind diese äussersten Rotorteile durch Drahtbänder (Bandagen) oder ähnliche Vorrichtungen geschützt, dann erzeugt die Fliehkraft in diesen Schutzgarnituren eine tangential wirkende Zugkraft, deren Bemessung innerhalb zulässiger Grenzen auf die Forderung eines Maximums für die Rotorumfangsgeschwindigkeit weist. Führen wir für die sekundliche Umdrehungszahl des Rotors das Symbol  $n$  ein, dann lässt sich die Forderung eines Maximums für die Rotorumfangsgeschwindigkeit ausdrücken durch die Formel:

$$D \cdot n = U$$

wo  $U$  eine Konstante bedeutet. Da aber die elektrischen Maschinen mit Drahtbänder- oder ähnlichen Schutzvorrichtungen nur eine bestimmte Klasse (hauptsächlich Kommutatormaschinen) innerhalb des grossen Gebietes der elektrischen Maschinen überhaupt bilden, so kann die mitgeteilte Beziehung eine wirklich allgemeine Bedeutung nicht beanspruchen<sup>2)</sup>. Vielmehr kommt eine solche zu der Forderung eines Maximums für die zulässige Fliehkraft pro Masseneinheit am Rotorumfang, die dem allgemeinsten Fall der Rotorkonstruktion Rechnung trägt und auf den analytischen Ausdruck:

$$(4) \quad D \cdot n^2 = P$$

<sup>1)</sup> Für Bahnmotoren können  $D$  und  $h$  überhaupt nicht in Beziehung gebracht werden, da  $h$  von der Spurweite allein bestimmt wird; vergl. „Schweizerische Bauzeitung“ Band LIII Seite 308.

<sup>2)</sup> Für Bahnmotoren ist die genannte Beziehung jedoch als massgebend anzusehen, wie vom Verfasser in dem bereits zitierten Aufsatz der „Schweizerischen Bauzeitung“ gezeigt wurde.

führt, wo  $P$  eine Konstante bedeutet. Dass diese Beziehung übrigens auch für die mittels Drahtbänder geschützten Kommutatormaschinen noch ihre Berechtigung hat und ihr wenigstens bei der Dimensionierung von Gleichstrommaschinen nachgelebt wird, ergibt sich daraus, dass von *Prof. Silvanus P. Thompson* durch mehrere Auflagen seines ausgezeichneten Lehrbuchs<sup>1)</sup> eine empirische Formel für den Zusammenhang der Leistung  $L$  mit der Rotorempfangsgeschwindigkeit  $v$  gegeben wird, die darauf hinweist, dass grössere Maschinen auch grössere  $v$  erhalten sollen. Da wir eine solche Formel mittels Gleichung (4) und des aufzustellenden Zusammenhanges von Leistung und Umdrehungszahl ebenfalls erhalten können, da ja  $v$  dem Produkt  $D \cdot n$  proportional ist, so soll auch ihre Schreibweise nach Thompson hier mitgeteilt werden, nämlich:

$$v = a \frac{L}{L + b}.$$

In der neuesten Ausgabe des Lehrbuchs von Thompson<sup>2)</sup> sind für  $a$  und  $b$  neuere Zahlenwerte gegeben, die zu einem obern und einem untern Grenzwert des Zusammenhanges von  $L$  und  $v$  führen. In Abbildung 3 bringen wir diese beiden Grenzwerte als Kurvenbilder zur Darstellung. Dabei mag noch darauf hingewiesen werden, dass die Formel von Thompson einen innern Zusammenhang zwischen den Grössen  $L$  und  $v$  nicht darstellt und den Konstanten  $a$  und  $b$  eine physikalische Bedeutung nicht zukommt; sie stellen lediglich empirisch gewonnene „Sammelkonstanten“ dar.

Wir gehen nun über zur mathematischen Formulierung des versprochenen innern Zusammenhanges der nominellen Umdrehungszahl mit der nominellen Leistung. Die Vereinigung der Gleichungen 1 bis 4 liefert:

$$M = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{q}{C} \cdot \frac{P^3}{n^6}$$

Führt man nun noch die Leistung  $L$  in PS ein unter Berücksichtigung der Beziehung:

$$L = 2 \pi n \cdot \frac{M}{75}$$

so folgt mit:

$$(5) \quad L \cdot n^5 = \frac{\pi^2}{150} \cdot \frac{q}{C} \cdot P^3$$

der gesuchte Zusammenhang der nominellen Umdrehungszahl  $n$  mit der nominellen Leistung  $L$ .

Für bestimmte zahlenmässige Ansätze der Konstanten  $C$ ,  $q$  und  $P$  kann dieser Zusammenhang ohne weiteres mit einem auf dem Sammelwege empirisch bestimmten und beispielsweise in Abbildung 1 niedergelegten Zusammenhange verglichen werden.

Mit der Gleichung (5) lässt sich nun auch der oben in Aussicht gestellte innere Zusammenhang zwischen der nominellen Leistung  $L$  und der Rotorumfangsgeschwindigkeit  $v$  in cm/sec mathematisch formulieren; es folgt nämlich:

$$(6) \quad v = \pi \cdot D \cdot n = \pi \cdot \frac{P}{n}$$

$$v = \pi \cdot P \cdot \sqrt[5]{L \cdot \frac{150}{\pi^2} \cdot \frac{C}{q} \cdot \frac{1}{P^3}}$$

Macht man wiederum bestimmte zahlenmässige Ansätze für die Konstanten  $C$ ,  $q$  und  $P$ , so lässt sich der Zusammenhang von  $L$  und  $v$  gemäss Gleichung (6) ohne weiteres,

<sup>1)</sup> *Dynamo-Electric Machinery* 5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup> ed., London and New York.

<sup>2)</sup> Englische Ausgabe 1904/05 und Band I der deutschen Ausgabe von 1907.

mit einem auf dem Sammelwege empirisch bestimmten und beispielsweise in Abbildung 3 niedergelegten Zusammenhange vergleichen.

Es sollen nun zunächst die Gleichungen (5) und (6) für Ansätze von  $C$ ,  $q$  und  $P$  ausgewertet werden, die unseren, auf die physikalische Bedeutung und Bewertung der Gleichungen (1) und (4) gegründeten Erfahrungen entsprechen. In diesem Sinne dürften die Ansätze:

$$C = \sim 400 \text{ cm}^3/\text{mkg}$$

$$q = \sim 0,5$$

$$P = \sim 5000 \text{ cm}/\text{sek}^2$$

gemacht werden, die für (5) ergeben:

$$L \cdot n^5 = 10^7$$

und für (6) entsprechend:

$$v = \pi \cdot \frac{5000}{5} \cdot \frac{L^{1/5}}{\sqrt[5]{10^7}}$$

In Abbildung 4 sind die Kurvenbilder, die den zwei numerierten Gleichungen entsprechen, veranschaulicht, wobei dem allgemeinen Gebrauch zuliebe  $n$  auf die Minute bezogen und  $v$  in m/sec ausgedrückt wurde. Vergleichen wir nun die  $n$ -Kurve der Abbildung 4 mit den Kurven der Abbildung 1, so ist offenbar der mehr oder weniger übereinstimmende Charakter schon durch die blosse Betrachtung zu erkennen; in Bezug auf numerische Uebereinstimmung spielt natürlich die je nach Auffassung von Konstrukteur zu Konstrukteur variierende Festsetzung der Konstanten  $C$ ,  $q$  und  $P$  eine grosse Rolle. Eine Vergleichung der  $v$ -Kurve der Abbildung 4 (der allgemeineren Schreibweise zuliebe in m/sec ausgedrückt, statt in cm/sec, die die Gleichung (6) liefert) mit den Kurven der Abbildung 3 führt zu derselben Erwägung.

Sollen einerseits die Kurven nach Abbildung 1 ausgedrückt werden durch Gleichung (5) und sollen andererseits die Kurven nach Abbildung 3 ausgedrückt werden durch Gleichung (6), dann muss eine gewisse Toleranz in der Bemessung der Konstanten  $C$ ,  $q$  und  $P$  gestattet sein, um die zufälligen Auffassungen, die bei der Bildung der Kurven 1 und 3 aus vorliegenden Listen verschiedener Fabriken gemäss der Auswahl verschiedener Maschinenreihen vorkommen konnten, zu kompensieren.

Das Bestreben, die Kurven der Abbildung 1 gewissermassen a priori zu berechnen, führt auf die approximativen Ansätze:

$$L \cdot n^5 = 10^8 \text{ für die „obere Grenze“,}$$

$$L \cdot n^5 = 5 \times 10^6 \text{ für die „normale Kurve“,}$$

$$L \cdot n^5 = 5 \times 10^4 \text{ für die „untere Grenze“.}$$

Diese Ansätze, graphisch veranschaulicht, geben die Kurven der vorstehenden Abbildung 5. Offenbar sind mit diesen Ansätzen die Konstanten  $C$ ,  $q$  und  $P$  nicht einzeln, sondern erst in der Beziehung  $\frac{q}{C} \cdot P^3$  festgelegt. Wenn man nun von Fall zu Fall noch die Konstante  $P$  frei wählt, so wird dadurch einerseits die Gleichung (6) numerisch festgelegt und andererseits das Verhältnis  $\frac{q}{C}$  bestimmt. Im Verhältnis  $\frac{q}{C}$  ist jedoch eine völlig freie Wahl von  $q$  und  $C$  ausgeschlossen, weil  $q$  sowohl von  $C$  als auch von  $P$  nicht ganz unabhängig ist; aus der Gleichung (3), mit der  $q$  definiert wurde, ist dies zwar nicht ersichtlich, doch wurde anlässlich deren Aufstellung die Abhängigkeit von  $q$  von verschiedenen Einflüssen besprochen. Wenn nun zu den Kurven in Abbildung 5 die Konstante  $P$  von Kurve zu Kurve gewählt werden soll, so muss sie logischerweise je nach dem numerischen Werte

von  $\frac{q}{C} \cdot P^3$  abgestuft werden, also etwa proportional  $\sqrt[5]{\frac{q}{C} \cdot P^3}$  zu bemessen sein, wenn

die  $v$ -Kurven und der Ausdruck  $\sqrt[5]{\frac{q}{C}}$  sich von Kurve zu Kurve nicht wesentlich ändern sollen.

Zur Aufstellung der in Abbildung 6 veranschaulichten  $v$ -Kurven, die den  $n$ -Kurven der Abbildung 5 beizuordnen sind, wurde dann für die „obere Grenze“, die „normale Kurve“ und die „untere Grenze“  $P$  auf  $\sim 8000$ ,  $\sim 3500$  und  $\sim 1000$  cm/sec<sup>2</sup> bemessen. Der Ansatz für die obere Grenze wurde so getroffen, dass genau wiederum die  $v$ -Linie der Abbildung 4 resultierte. Die Kurven der Abbildungen 5 und 6 sind damit charakterisiert durch die folgenden Konstantenreihen:

$$\left. \begin{array}{l} P = \sim 8000 \text{ cm/sec}^2 \\ C = \sim 300 \text{ cm}^3/\text{mkg} \\ q = \sim 0,9 \end{array} \right\} \text{ für die obere Grenze;} \\ \left. \begin{array}{l} P = \sim 3500 \text{ cm/sec}^2 \\ C = \sim 350 \text{ cm}^3/\text{mkg} \\ q = \sim 0,6 \end{array} \right\} \text{ für die normale Kurve;} \\ \left. \begin{array}{l} P = \sim 1000 \text{ cm/sec}^2 \\ C = \sim 550 \text{ cm}^3/\text{mkg} \\ q = \sim 0,4 \end{array} \right\} \text{ für die untere Grenze.}$$

Es liegt nun nahe, einerseits die Abbildung 5 zu vergleichen mit der Abbildung 1, welcher Vergleich ja auch für die Aufstellung der Abbildung 5 massgebend war, und andererseits die Abbildung 6 zu vergleichen mit der Abbildung 3. In Bezug auf den Vergleich der Abbildungen 1 und 5 ist das sehr gute Uebereinstimmen der Kurven für die „untere Grenze“ zu konstatieren; die „normalen“ Linien und die Kurven für die „obere Grenze“ haben ähnlichen Verlauf, aber weisen nicht die hohe numerische Uebereinstimmung auf, die für die Kurven für die „untere Grenze“ konstatiert werden kann. In Bezug auf den Vergleich der Abbildungen 3 und 6 ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei der Abbildung 3 ja auch schon um die bildliche Wiedergabe einer Formel, also nicht um die unmittelbare Wiedergabe von Erfahrungszahlen handelt, wie beispielsweise bei Abbildung 1; jede Formel tut aber, namentlich wenn bei deren Aufstellung auf analytische Einfachheit hingearbeitet wird, dem darzustellenden Zusammenhange bereits einen Zwang an. Vergleicht man daher die sich aus verschiedenen Formeln für denselben Zusammenhang ergebenden Kurvenbilder, so kann von vornherein keine so gute Uebereinstimmung erwartet werden, als wenn man jede der Formeln für sich mit der unmittelbaren Wiedergabe von Erfahrungszahlen vergleicht. Zudem beruht nun in dem hier betrachteten Fall die Abbildung 3 auf einer Formel, die weiter nichts besagt, als dass mit wachsendem  $L$  der Wert von  $v$  schliesslich einem Grenzwert zustrebt; dass also gerade für die kleineren Werte von  $L$  (unter 100 PS) diese Formel recht unzutreffend sein dürfte, liegt auf der Hand.

*Zusammenfassend* möchten wir die Ueberzeugung aussprechen, dass die Formeln 5 und 6 und die für gewisse zahlenmässige Festsetzungen ihnen entsprechenden Abbildungen 4, 5 und 6 als der hinlänglich zutreffende Ausdruck eines innern Zusammenhanges der nominellen Umdrehungszahl mit der nominellen Leistung — bzw. der nominellen Rotorumfangsgeschwindigkeit mit der nominellen Leistung — bei normalen elektrischen Maschinen angesehen und beim Entwurf solcher Maschinen mit Vorteil benutzt werden können. Selbstverständlich sind Verfeinerungen der Ausdrucksweise dieses Zusammenhanges, beispielsweise bei Berücksichtigung der Abhängigkeit des Dimensionierungs-Koeffizienten  $C$  von der Maschinengrösse, ohne weiteres möglich; solche Verfeinerungen würden indessen den Zusammenhang als viel verwickelter und für die Praxis weniger brauchbar erscheinen lassen, ohne einen wesentlich richtigeren Ausdruck für den Zusammenhang zu liefern.