

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 17 (1926)
Heft: 2

Artikel: Ableitung einer neuen Tarifgrundlage zum Verkauf elektrischer Energie zu motorischen Zwecken
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059796>

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: 03.04.2025

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

schicht nützt über einer gewissen Grenze nichts mehr; dauernd höhere elektrische Festigkeit kann nur erreicht werden entweder durch Materialverbesserung oder durch besondere Anordnung zur besseren Kühlung. In Erkenntnis der technischen Wichtigkeit der dielektrischen Verluste hat die Firma BBC frühzeitig mit Messungen an ihren Isolierstoffen begonnen. Die heutigen Messeinrichtungen erlauben, die normalen Isoliermaterialien laufend zu messen. Da die Wattmessung heute das beste Mittel darstellt, die Güte eines Isolierstoffs zahlenmässig darzustellen, kann damit Gewähr gegeben werden für einheitliche und gute Isolierfabrikate, welche der dauernden Beanspruchung bei höheren Temperaturen, wie sie im Betrieb auftreten können, mit Sicherheit gewachsen sind.

Ableitung einer neuen Tarifgrundlage zum Verkauf elektrischer Energie zu motorischen Zwecken¹⁾.

Von der wirtschaftlichen Abteilung des Generalsekretariates des S.E.V. und V.S.E.

Es wird eine Formel aufgestellt, bei deren Anwendung die Werke die Energie zu einem Preise verkaufen würden, der gleich wäre dem Gestehungspreise bei Erzeugung mittels einer ständig vollbelasteten Dieselgruppe. Eine ähnliche Formel wird mitgeteilt, geltend für den Fall, wo kleinere Oelmotoren mit direktem Antrieb zur Anwendung gelangen. An Beispielen wird gezeigt, wie man sich der Formeln bedient.

L'auteur établit une formule pour la vente de l'énergie électrique, qui met celle-ci au même prix que l'énergie produite par un groupe électrogène Diesel fonctionnant toujours à pleine charge. Une autre formule s'applique au cas des petits moteurs à huile actionnant directement les machines. Des exemples montrent comment on se sert de ces formules.

Während der Preis einer Ware innerhalb eines grösseren Versorgungsgebietes überall ungefähr derselbe ist, muss es auffallen, dass dieselbe elektrische Energiemenge an verschiedenen Orten nach so ungleichen Grundsätzen verrechnet wird.

Wir glauben die Ursache dieser Verschiedenheit darin zu finden, dass jedes Werk einerseits durch möglichst niedere Preisgestaltung seinen Absatz zu fördern sucht, andererseits aber doch aus dem investierten Kapital den nötigen Ertrag herausholen will.

Die heutigen Tarife sind Kompromisse zwischen diesen beiden Bestrebungen, wogegen man sich scheinbar um die Konkurrenz (Dampfmaschine und Rohölmotor) wenig kümmert. Dies ist in vielen Fällen insofern kein Fehler, als bei der Wahl eines Elektromotors ja nicht nur die finanziellen Vorteile in Erwägung gezogen werden. Sauberkeit, Ungefährlichkeit und bequeme Bedienungsmöglichkeit sind vielerorts von ebenso grosser Bedeutung als die reinen Energiekosten.

Ein anderes jedoch ist es in denjenigen Grossunternehmungen, wo wohl die einzelnen Maschinen von Elektromotoren angetrieben werden, wo sich aber der Industrielle vor die Wahl gestellt sieht, entweder die Energie bei einem Elektrizitätswerk zu kaufen oder sie in einem eigenen Kraftwerk zu erzeugen. Wenn in diesem Falle das Elektrizitätswerk Wert darauf legt, die Energie liefern zu können, so wird es nicht die gewöhnlichen Kleinkonsumtarife anwenden dürfen, sondern mit dem Industriellen verhandeln müssen und mit ihm einen Spezialvertrag abschliessen.

Werden im Betrieb des Industriellen grosse Mengen Niederdruckdampf benötigt, so kann er sich mittels Gegendruckdampfturbinen die Energie so billig erzeugen, dass eine Konkurrenz des Elektrizitätswerkes in vielen Fällen unmöglich sein kann. Sehen wir von diesem Spezialfall ab, so wird als Energiequelle meistens eine diesel-elektrische Gruppe in Betracht gezogen werden und es erhebt sich nun die Frage, ob das Werk seine Offerte so günstig gestalten darf, um billigere Energie zu liefern als die Dieselgruppe.

¹⁾ Uebersetzung und Erweiterung des Aufsatzes von J. Ganguillet (s. Bulletin S.E.V. 1925, No. 2).

Um diese Frage beantworten zu können, muss sich das Werk in allen wichtigsten Fällen ohne lange Untersuchungen und Rechnungen orientieren können, wie sich die Kosten bei diesel-elektrischer Energieerzeugung gestalten, um darnach die eigenen Angebote richten zu können.

Zweck der vorliegenden Arbeit ist es, eine Formel abzuleiten, welche gestattet, für alle Leistungen zwischen 15 und 1000 kW die jährlichen Energiekosten annähernd im voraus zu berechnen.

Wir gehen dabei von den Kosten einer kWh aus und stellen fest, dass diese aus einem veränderlichen Teil v und einem unveränderlichen Teil f gebildet werden.

Unveränderlich nennen wir denjenigen Teil der Kosten, welcher unabhängig ist von der Belastung der Dieselgruppe und dem Preis des Brennstoffes. Hierzu gehören Zinsendienst, Amortisationen, Bedienungs- und Unterhaltskosten. Dieser Kostenteil f pro kWh ist in der Hauptsache abhängig von der Grösse der installierten Leistung und der jährlichen Betriebsdauer.

Im Gegensatz hierzu ist der veränderliche Kostenanteil v pro kWh abhängig vom Preis des Brennstoffes und der Maschinengrösse. Er stellt vor allem die Brenn- und Schmiermittelkosten dar.

Nennen wir den Preis einer kWh, erzeugt in einer diesel-elektrischen Gruppe, a , so gilt:

$$a = f + v.$$

Unveränderliche Kosten.

Nehmen wir an, eine Dieselgruppe arbeite 2500 Stunden im Jahr unter Vollast und sei die übrige Zeit stillgelegt. Dann ist der unveränderliche Teil f des Preises der kWh bei dieser gegebenen Betriebsstundenzahl eine reine Funktion der installierten Leistung, derart, dass f mit zunehmender Leistung erst rasch und dann immer langsamer abnimmt. Unter Zugrundelegung des heute üblichen Zinsfusses und einer Serie von Preisen, welche Ende 1923 zusammengestellt wurden, sind wir zum Ergebnis gekommen, dass die unveränderlichen Kosten

$$f_{2500} = 2,5 + \frac{366}{P + 22} \text{ Rp./kWh} \quad (1)$$

betragen, wobei P die maximale Leistung der Motoren bedeutet und zwischen 15 und 1000 kW liegt.

Gehen wir nun, ohne an den übrigen Annahmen etwas zu ändern, von 2500 Stunden auf n Stunden über, so ändert sich f entsprechend der Gleichung:

$$f_n = f_{2500} \frac{2500}{n} = \frac{2500}{n} \left(2,5 + \frac{366}{P + 22} \right) \text{ Rp./kWh.} \quad (2)$$

Veränderliche Kosten.

Die Ausgaben für Brennstoff und Schmiermittel, bezogen auf eine kWh, sind von der Gebrauchsdauer unabhängig. Diesen veränderlichen Teil der Kosten haben wir v genannt und bemerken, dass er bei grösseren Leistungen etwas abnimmt wegen des besseren Wirkungsgrades der grösseren Einheiten.

Auf empirischer Grundlage haben wir gefunden, dass die veränderlichen Kosten

$$v_{15} = 3,57 + \frac{400}{P + 174} \text{ Rp./kWh} \quad (3)$$

gesetzt werden können, wenn der Oelpreis mit 15 Rp./kg angenommen wird. Beträgt der Oelpreis nicht 15, sondern h Rp./kg, so wird:

$$v_h = v_{15} \frac{h}{15} = \frac{h}{15} \left(3,57 + \frac{400}{P + 174} \right) \text{ Rp./kWh.} \quad (4)$$

Der Energiepreis bei diesel-elektrischer Erzeugung.

Aus den beiden vorstehenden Abschnitten ergibt sich, dass der Preis einer kWh, erzeugt in einer diesel-elektrischen Gruppe der Leistung P kW, vollbelastet laufend während n Stunden und bei einem Oelpreis von h Rp./kg franko Reservoir sich nach folgender Formel berechnen lässt:

$$a_{n,h} = \frac{2500}{n} \left(2,5 + \frac{366}{P+22} \right) + \frac{h}{15} \left(3,57 + \frac{400}{P+174} \right) \text{ Rp./kWh,}$$

oder zusammengefasst:

$$a_{n,h} = \frac{6250}{n} \left(1 + \frac{146,3}{P+22} \right) + \frac{h}{4,2} \left(1 + \frac{112}{P+174} \right) \text{ Rp./kWh.} \quad (5)$$

Trotz ihrer Länge ist diese Formel von einfacher Struktur und liefert für die Praxis Resultate von genügender Genauigkeit.

Vereinfacht wird die Formel dadurch, dass die Grösse h (der Oelpreis) nur geringen zeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Für einen bestimmten Wert von h (15 Rp./kWh) vereinfacht sich die Formel wie folgt:

$$a_{n,15} = \frac{6250}{n} \left(1 + \frac{146,3}{P+22} \right) + 3,57 + \frac{400}{P+174} \text{ Rp./kWh.} \quad (6)$$

Betrieb bei reduzierter Last.

Erinnern wir uns daran, dass die Formeln (5) und (6) unter der Voraussetzung aufgestellt worden sind, dass die diesel-elektrische Gruppe entweder bei Vollast arbeitet oder ruht. Diese Betriebsart würde dem bestmöglichen Wirkungsgrad entsprechen, kann aber im Betrieb nicht erreicht werden. *Die in den vorigen Abschnitten berechneten Preise sind daher als die günstigstenfalls zu erreichenden Grenzwerte anzusprechen.*

Hieraus folgt – und es ist ein Hauptzweck dieser Arbeit, darauf hinzuweisen – dass, wenn ein Elektrizitätswerk seinen Energietarif gemäss Formel (6) aufstellt, es dann gewiss sein kann, einen Preis gemacht zu haben, der *unter* dem Energiepreis seines schärfsten Konkurrenten liegt.

Grundlage der vorgeschlagenen Tarifikation.

Die *wirkliche* Gebrauchsdauer n wird unseres Wissens nirgends gemessen, dagegen tragen viele Werke einer *fiktiven* Gebrauchsdauer m Rechnung. Diese ist definiert als der Quotient aus der jährlich verbrauchten Anzahl kWh (W) und der durch Maximumzeiger ermittelten Maximalleistung (P_m).

Wir schlagen nun vor, wie bisher beim Abonnenten Zähler mit Maximumzeiger zu installieren und daraus die fiktive Gebrauchsdauer zu ermitteln nach der Formel:

$$m = \frac{W}{P_m} \text{ Stunden.}$$

Wir bestimmen nun den Preis der kWh nach Formel (6), indem wir $P = P_m$ und $n = m$ setzen.

Multiplizieren wir die rechte Seite von Formel (6) mit $\frac{W}{100}$, so stellt die linke Seite die jährlichen Energiekosten A in Franken dar.

$$A = \frac{W}{m} \frac{62,5}{100} \left(1 + \frac{146,3}{P_m + 22} \right) + W \left(0,0357 + \frac{4}{P_m + 174} \right),$$

oder zusammengezogen:

$$A = 62,5 P_m \left(1 + \frac{146,3}{P_m + 22} \right) + W \left(0,0357 + \frac{4}{P_m + 174} \right) \text{ Franken im Jahr.} \quad (7)$$

Zu bemerken ist, dass A nichts anderes darstellt als den Preis von W kWh, erzeugt in einer während m Stunden mit Vollast laufenden diesel-elektrischen Gruppe der Leistung P_m (kW). *Dieser Preis A ist auf die günstigsten Arbeitsbedingungen der diesel-elektrischen Gruppe zugeschnitten.*

Tariferleichterungen.

Wir glauben, dass ein auf Formel (7) basierender Tarif günstig genug sein sollte, um den Konsumenten von der Errichtung eines eigenen Kraftwerkes abzuhalten. Immerhin wird man nötigenfalls gut tun, durch Ermässigungen den Abonnenten umso sicherer zur Anwendung von Energie aus dem Elektrizitätswerk anzuspornen.

Formel (7) nimmt keine Rücksicht darauf, zu welcher Tages- und Jahreszeit die Energie bezogen wird, weil dies ja bei einer diesel-elektrischen Gruppe keine Rolle spielt. Dagegen hat das Elektrizitätswerk allen Grund, den Energieabsatz zu Zeiten des Wasserüberflusses (Sommerhalbjahr) und zu gewissen Tageszeiten zu fördern. Es wird deshalb im Sommer einen etwas billigeren Tarifansatz zur Anwendung bringen als im Winter und mittels Doppeltarifzähler die während den Nachtstunden bezogene Energie ebenfalls mit geringeren Preisen in Anrechnung bringen.

Vergleich mit Tarifen schweizerischer Elektrizitätswerke.

Ihrer Auswirkung nach unterscheiden sich die heute geltenden schweizerischen Tarife nicht stark von dem von uns vorgeschlagenen. Sie bauen sich meistens auf der Form:

$$A = CP_m + \theta W \text{ Franken im Jahr}$$

auf.

Sehr oft nimmt mit wachsendem W θ nach einer gegebenen Vorschrift ab. Man kann direkt θ als eine Funktion von W ansehen (während in unserer Formel (7) θ eine Funktion von P_m ist), was sich besonders deutlich im Tarif eines ostschweizerischen Werkes zeigt. Dort ist:

$$A = 40 P_m + 0,055 W \left(1 + \frac{63900}{W + 52800} \right) \text{ Franken im Jahr.} \quad (8)$$

Vergleichen wir die zahlenmässige Auswirkung der Formeln (7) und (8), so erkennen wir, dass die Preise des ostschweizerischen Werkes zu bescheiden sind, besonders bei kleiner Gebrauchsdauer und grossen Leistungen.

Die Werke sehen sich heutzutage gezwungen, durch eine grosse Anzahl verschiedener Tarifansätze den charakteristischen Konsumbedingungen der verschiedenen Verbraucherkategorien Rechnung zu tragen. Wir glauben, dass Formel (7) hier viel zur Vereinfachung der Tarife beitragen könnte, sie vermittelt vernünftige Zahlungsbedingungen für jede Belastungsdauer und Leistungsaufnahme.

Wählen wir als Beispiel den Fall, wo ein Werk die Energie nach Formel (8) verkauft, so wird es einem Abnehmer, der die elektrische Energie nur zur Zeit des Wassermangels bezieht, einen Sondertarif machen müssen. Formel (7) dagegen sorgt auch in diesem Fall dafür, dass das Werk nicht zu Schaden kommt, ohne dass ein Spezialtarif nötig wäre.

Schlussfolgerung.

Die Formeln (6) und (7) sind nicht als exakte, allgemein gültige Gesetze anzusehen, sie geben jedoch für die Praxis Resultate von genügender Genauigkeit. Die Schwankungen im Oelpreis können in den Formeln leicht zum Ausdruck gebracht werden. Schwieriger ist es schon, den Schwankungen des Zinsfußes und der Motorkosten Rechnung zu tragen, doch ist auch dies durch Variation der Konstanten möglich.

Wir sind der Ansicht, dass diejenigen Werke, die sich nicht zur Anwendung der Formel (7) entschliessen können, in Formel (6) ein Mittel finden werden, welches ihnen erlaubt, sehr schnell und mit genügender Genauigkeit den günstigsten Preis der Konkurrenz in jedem Falle zu ermitteln, um so über die eigene Preisgestaltung sofort im Klaren zu sein.

Zur weiteren Orientierung haben wir die Formel (6) innerhalb den Grenzen ihrer Gültigkeit (15 ÷ 1000 kW) graphisch interpretiert (Fig. 1).

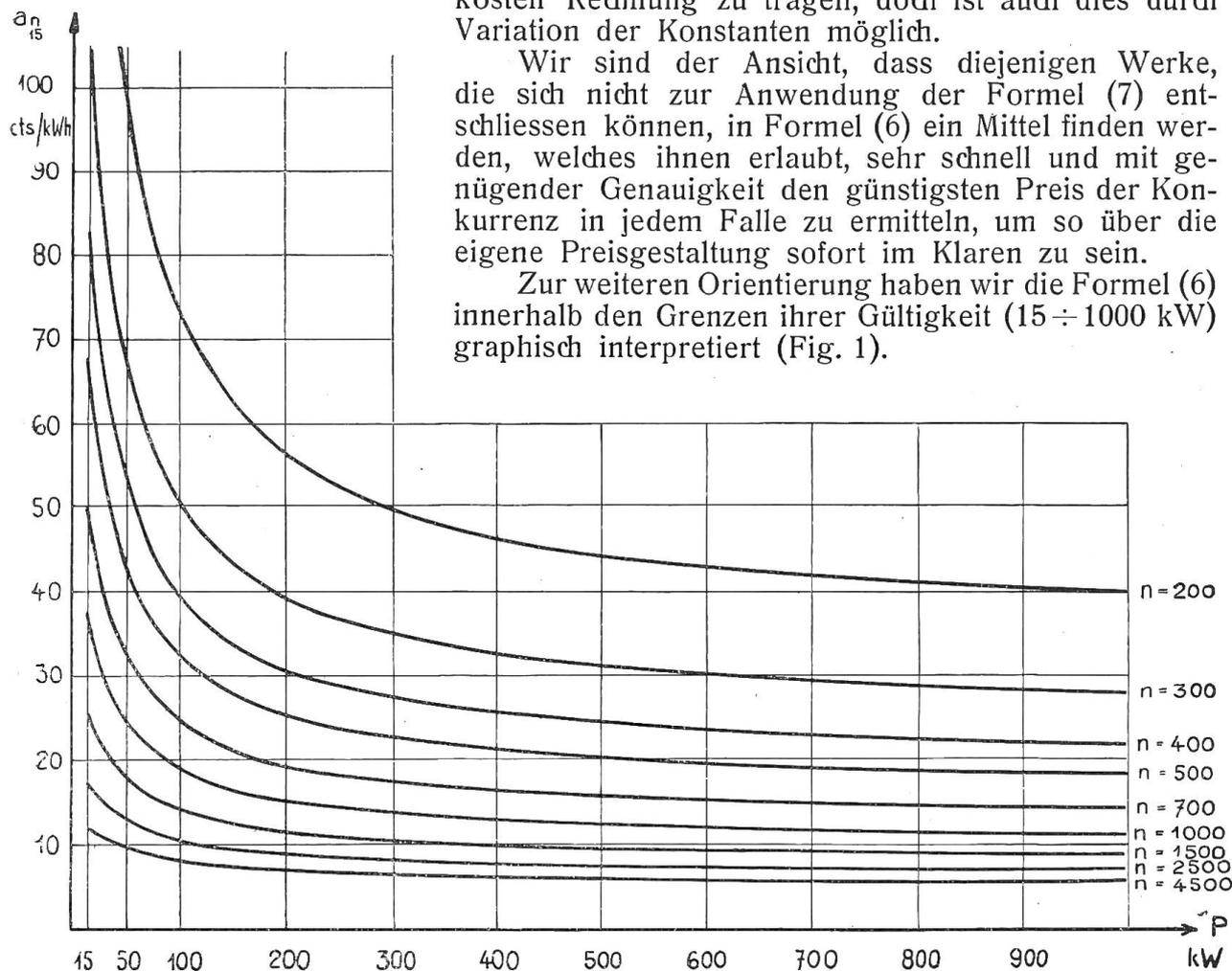


Fig. 1.

Anwendung derselben Ueberlegungen auf Kleinmotoren.

Auf Grund der vorliegenden Ueberlegungen haben wir dieselben Berechnungen für das Gebiet der Oelmaschinen mit 3 ÷ 15 PS durchgeführt.

Dabei wurde jedoch angenommen, dass die Kraftübertragung direkt, d. h. ohne Umsetzung in elektrische Energie, erfolgt.

Die den Formeln (2), (4), (5) und (7) der vorliegenden Arbeit entsprechenden Ausdrücke lauten dann:

$$f = \frac{2500}{n} \left(1,97 + \frac{13,5}{P + 0,93} \right) \text{ Rp./kWh.} \quad (2a)$$

$$v = \frac{h}{15} \left(3,7 + \frac{17,8}{P + 0,795} \right) \text{ Rp./kWh.} \quad (4a)$$

$$a_{n,h} = \frac{2500}{n} \left(1,97 + \frac{13,5}{P + 0,93} \right) + \frac{h}{15} \left(3,7 + \frac{17,8}{P + 0,795} \right) \text{ Rp./kWh.} \quad (5a)$$

$$A_{m,15} = 49,2 P_m \left(1 + \frac{6,85}{P_m + 0,93} \right) + W \left(0,037 + \frac{0,178}{P_m + 0,795} \right) \text{ Franken im Jahr.} \quad (7a)$$

Dabei stellt A den Energiepreis dar, welchen die elektrische Energie kosten darf, damit an der Welle des Elektromotors dieselbe Energiemenge zu gleichem Preise abgenommen werden kann, wie von der Welle des Oelmotors. Infolgedessen hat bei gegebener Leistung des Oelmotors in PSe die Umrechnung auf kW des Elektromotors so zu erfolgen, dass $1 \text{ kW} = 0,85 \text{ PS}$ gesetzt werden muss.

Formel (7a) stimmt indessen nur für den Fall des voll belasteten Oelmotors. Die kleinen Oel motoren haben einen sehr viel grösseren Oelverbrauch pro kWh, wenn sie nicht voll belastet sind. Obige Formel stellt deshalb den Betrieb eines Oelmotors in zu günstigem Lichte dar.

Trotzdem wird es ratsam sein, mit den Preisen der elektrischen Energie nicht über die nach Formel (7a) berechneten hinauszugehen.

Tabelle I zu Formel (7).

P_m kW	C_1 Fr.	C_2 Fr./kWh
20	5 600	0,0563
22	5 950	0,0561
24	6 255	0,0559
26	6 570	0,0557
28	6 850	0,0555
30	7 140	0,0553
32	7 420	0,0551
34	7 690	0,0549
36	7 925	0,0547
38	8 160	0,0546
40	8 400	0,0544
42	8 650	0,0542
44	8 850	0,0541
46	9 050	0,0539
48	9 275	0,0537
50	9 520	0,0535
55	9 950	0,0531
60	10 640	0,0528
65	10 900	0,0524
70	11 320	0,0521
75	11 800	0,0517
80	12 160	0,0514
90	12 950	0,0509
100	13 700	0,0503
150	17 400	0,0480
200	20 800	0,0464
250	24 250	0,0451
300	27 300	0,0441
400	33 600	0,0426
500	40 000	0,0416
600	46 320	0,0409
700	52 500	0,0403
800	59 440	0,0398
900	65 250	0,0394
1000	71 500	0,0391

Praktische Anwendung der Formeln (7) und (7a).

Für eine gegebene Leistung P_m werden der erste Ausdruck in Formel (7) bzw. (7a), sowie die Klammer des zweiten Ausdrucks zu Konstanten, so dass die Formel geschrieben werden kann:

$$A = C_1 + C_2 W \text{ Franken im Jahr.} \quad (9)$$

Dies ist das System eines Tarifs mit Grund- und Konsumtaxe, nur dass hier die Konstanten C_1 und C_2 nicht linear von P_m abhängen.

Es ergibt sich nun eine einfache Art des Tarifens, wenn man für die verschiedenen Werte von P_m die zugehörigen Werte für C_1 und C_2 berechnet und in Tabellen zusammenstellt.

Wir haben für Formel (7) eine solche Tabelle berechnet (Tabelle I) und es sei ihr Gebrauch an dem folgenden Beispiel erläutert.

Beispiel I: In einem Betriebe wurde als Leistungsmaximum 50 kW gemessen, während die konsumierte Energie 250 000 kWh betrug. Wie hoch stellen sich die jährlichen Kosten?

Lösung:

Wir setzen $P_m = 50$, $W = 250\,000 \text{ kWh}$.

Laut Tabelle I ist $C_1 = 9\,520 \text{ Fr.}$

$C_2 W = 0,0535 \cdot 250\,000 = 13\,350 \text{ Fr.}$

$$A = 22\,870 \text{ Fr. im Jahr.}$$

Wo es sich jedoch nicht um absolut genaue Auswertung der Formel, sondern um rasch auszuführende Ueberschlagsrechnungen handelt, bedient man sich zur Auswertung der Formeln (7) oder (7a) mit Vorteil der beigegebenen Nomogramme Fig. 2 und 3, deren Anwendung im Folgenden kurz erläutert sei.

In Fig. 2 ist das Nomogramm zu Formel (7a) dargestellt. Die Skala zu äusserst links entspricht dem Jahresenergieverbrauch, die mittlere Skala den jährlichen Gesamtkosten und die Skala auf krumm-

linigem Träger der gemessenen Leistung P_m (hier in PS eingetragen, wie dies bei Kleinmotoren üblich ist). Schneidet man nun diese drei Skalen mit einer beliebigen Geraden, so erfüllen die Werte der drei Schnittpunkte die Gleichung (7a).

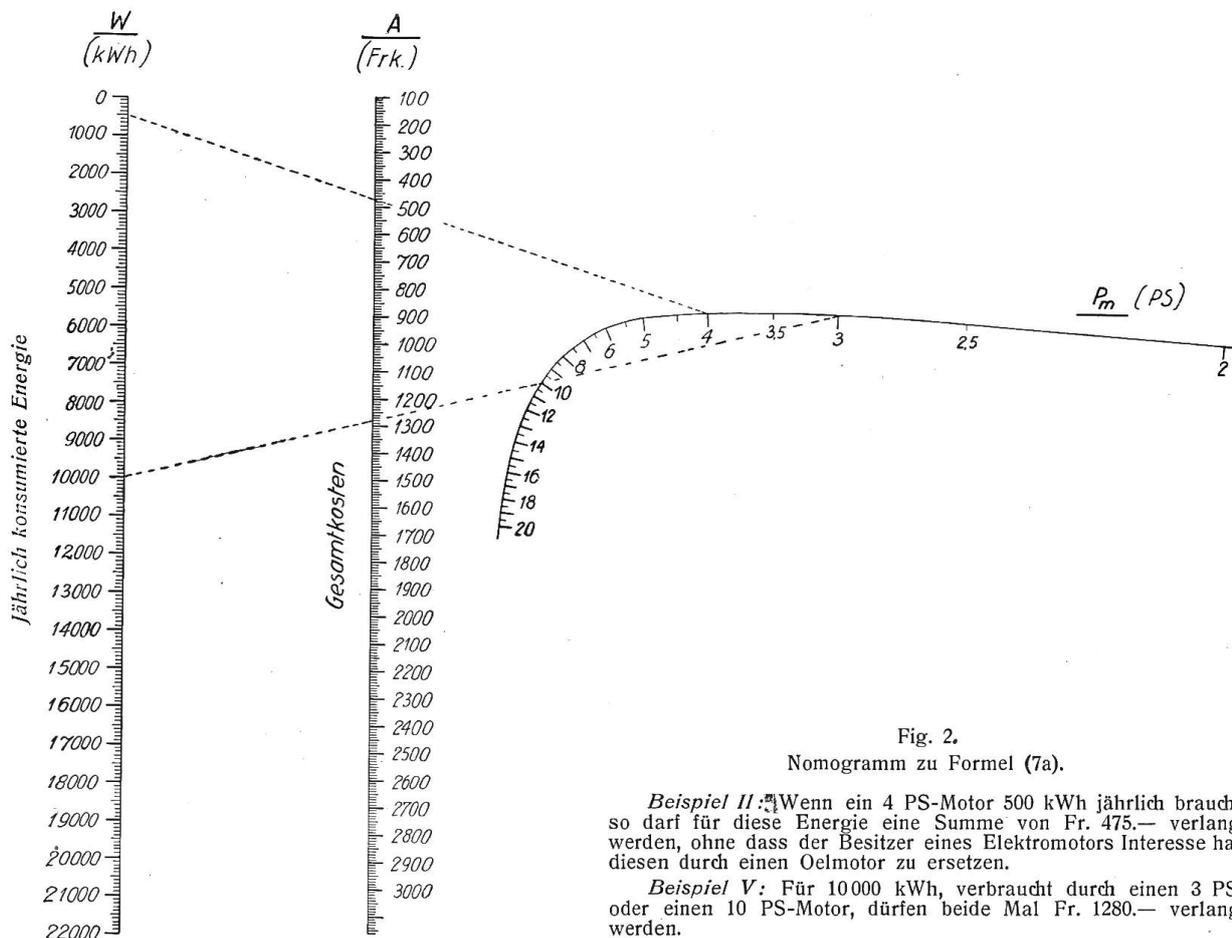


Fig. 2.
Nomogramm zu Formel (7a).

Beispiel II: Wenn ein 4 PS-Motor 500 kWh jährlich braucht, so darf für diese Energie eine Summe von Fr. 475.— verlangt werden, ohne dass der Besitzer eines Elektromotors Interesse hat, diesen durch einen Oelmotor zu ersetzen.

Beispiel V: Für 10000 kWh, verbraucht durch einen 3 PS- oder einen 10 PS-Motor, dürfen beide Mal Fr. 1280.— verlangt werden.

Diese Tatsache dient nun zu leichter Ausrechnung der Formel (7a), wenn wir zwei Werte gegeben haben und den dritten Wert finden wollen. Wir brauchen dann nur die beiden gegebenen Punkte auf den Skalen aufzusuchen und mit einer Geraden zu verbinden, so finden wir im Schnittpunkt der dritten Skala mit der Geraden den gesuchten Wert.

Beispiel II: Ein Motor von 4 PS (3,4 kW) habe im Jahr 500 kWh konsumiert. Wie gross sind die jährlichen Gesamtkosten \bar{A} ?

Lösung: Man sucht auf der Skala zu äusserst links den Punkt $W = 500$ auf und verbindet ihn mit Punkt $P = 4$ auf der krummlinigen Skala. Wo die Gerade die mittlere Skala schneidet, liegt der gesuchte Wert $\bar{A} = 475$ Fr. im Jahr (siehe Fig. 2).

In Fig. 3 ist das Nomogramm zu Formel (7) dargestellt. Es unterscheidet sich von dem Vorstehenden durch seine Doppelskalen. Der Bereich der Formel (7) ist nämlich so gross, dass es unmöglich ist, mit einer Skaleneinteilung in allen Wertebereichen eine genügende Genauigkeit zu erzielen. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, können die beiden geradlinigen Skalenträger ganz gut zwei Punktreihen aufnehmen.

Die beiden nach *innen* bezifferten Punktreihen entsprechen dabei dem Gebiet von 20 ÷ 100 kW der Formel (7). Die Ziffern dieser drei zusammengehörigen Skalen sind zudem noch durch Rechtecke kenntlich gemacht.

Die beiden nach *aussen* bezifferten Punktreihen gelten für die Formel (7) im Bereich von 100 ÷ 1000 kW.

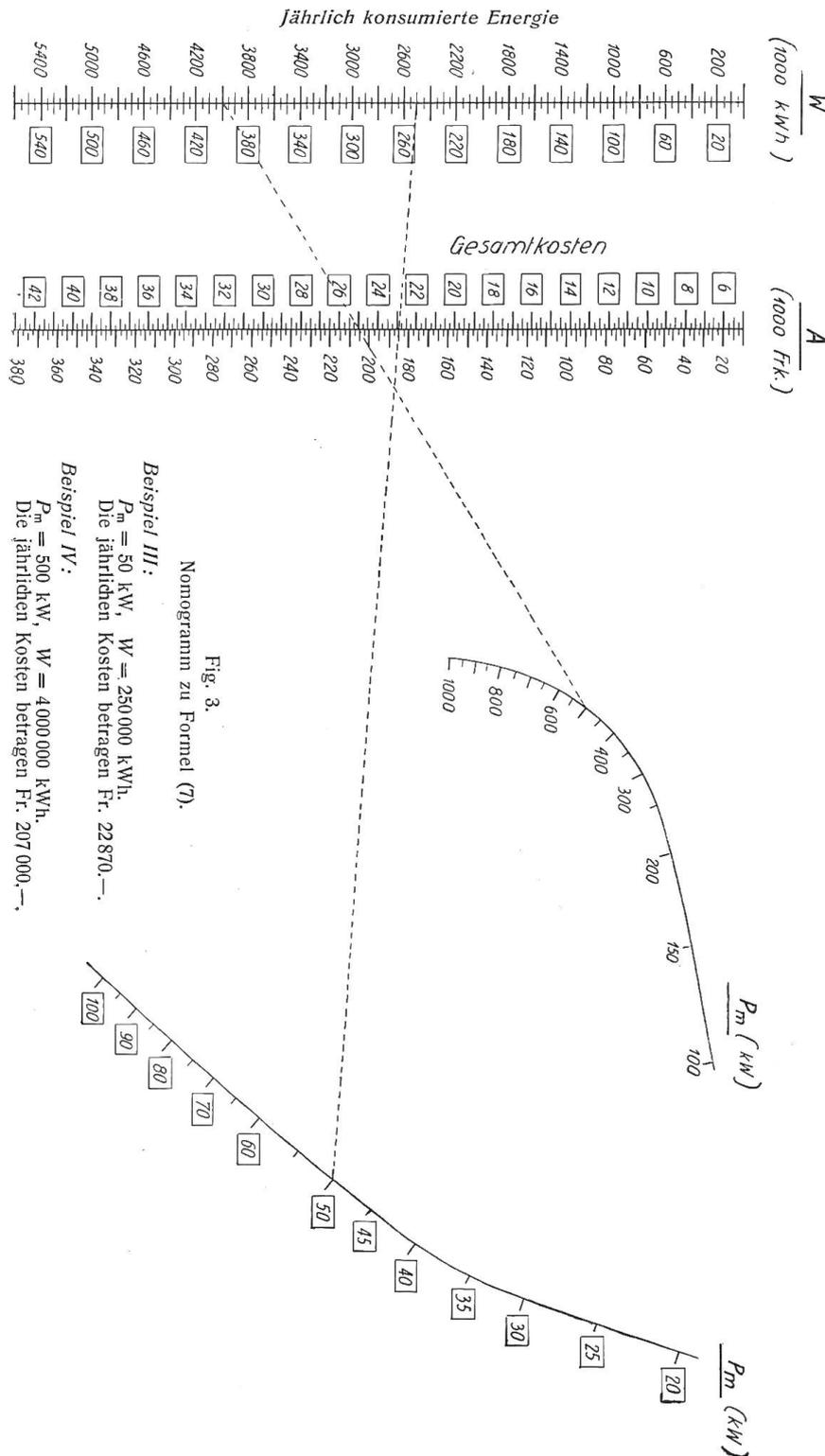


Fig. 3.
Nomogramm zu Formel (7).

Beispiel III:
 $P_m = 50$ kW, $W = 250\,000$ kWh.
 Die jährlichen Kosten betragen Fr. 22 870.—.

Beispiel IV:
 $P_m = 500$ kW, $W = 4\,000\,000$ kWh.
 Die jährlichen Kosten betragen Fr. 207 000.—.

Beispiel III: In einem Betrieb wurde als Leistungsmaximum 50 kW festgestellt, die konsumierte Energiemenge beträgt 250 000 kWh, wie hoch stellen sich die jährlichen Kosten?

Lösung: Es gelangen hier die mit Rechtecken bezeichneten Skalen zur Anwendung. Man sucht auf der Skala zu äusserst links den Wert 250 000 auf (innere Bezifferung) und verbindet ihn mit dem Punkte 50 auf der krummlinigen Skala. Wo diese Gerade die A-Skala schneidet, kann der gesuchte Wert an der inneren Bezifferung abgelesen werden. $A = 22\,870$ Fr. im Jahr.

Beispiel IV: In einem Betrieb wurde als Leistungsmaximum 500 kW festgestellt, die konsumierte Energie beträgt 4 Mill. kWh. Wie hoch stellen sich die jährlichen Kosten?

Lösung: Hier gelangen die äusseren Skalen zur Anwendung. Man geht auf der äusseren Skala von W bis zum Punkte $W = 4 \cdot 10^6$ und verbindet ihn mit Punkt $P = 500$ der krummlinigen Skala und kann auf der äusseren Skala

von A den gesuchten Wert von A ablesen. $A = 207\,000$ Fr. im Jahr.

Der beigegebenen Nomogramme bedient man sich bequem auf die Weise, dass man auf ein Blatt Pauspapier mit Tusch eine feine Gerade zeichnet und diese auf dem Nomogramm in die gewünschte Lage bringt.