

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 4 (1913)
Heft: 10

Artikel: Der wirtschaftliche Einfluss des Leistungsfaktors und die Tarifikation der komplexen Belastung
Autor: Sterlin, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056800>

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: 28.12.2025

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

Der wirtschaftliche Einfluss des Leistungsfaktors und die Tarifikation der komplexen Belastung.

(Zähler-System von Prof. Arnò.)

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des V. S. E. in Basel von A. Strelin, Ing., Zürich.

Der Leistungsfaktor, das ist der Cosinus des Phasenverschiebungswinkels zwischen Strom und Spannung bei induktiver Wechselstrombelastung, spinnt sich gleich dem roten Faden durch die gesamte Wechselstromtechnik. Nicht leicht war es den Physikern s. Z., diesen Vorgang genau zu erkennen und rechnerisch zugänglich zu machen, und seit man genau darüber orientiert ist, sind die Theoretiker unablässig damit beschäftigt, Mittel zu finden, um den Verschiebungswinkel auf den Wert „Null“ oder nahe daran zu bringen. Nicht umsonst, spielt doch der Leistungsfaktor in wirtschaftlicher Beziehung eine weit wichtigere Rolle als man leichtthin anzunehmen pflegt.

Ich will ausgehen von einer Ueberland-Zentrale von rund 1000 KW maximaler Leistungsfähigkeit, die Drehstrom zu liefern hat für Beleuchtungs-, Kraft- und andere Zwecke. Erfahrungsgemäss kann der Leistungsfaktor (der übrigens für ein und dasselbe Werk nicht konstant ist) in einer derartigen Anlage variieren von 0,5 bis 0,95, je nachdem der Lichtstrom oder der Kraftstrom dominiert, der Kraftanschluss in der Hauptsache aus wenigen grossen, oder vielen kleinen, gut oder schlecht belasteten Motoren besteht, u. s. w. Nehmen wir einen mittleren und durchschnittlichen Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,75$ an. Sollen im Maximum 1000 KW abgegeben werden, so müssen die Generatoren so gebaut sein, dass sie in ihren Wicklungen eine scheinbare Leistung von

$$\frac{1000}{0,75} = 1335 \text{ KVA}$$

aufzunehmen vermögen, d. h. sie müssen um $33\frac{1}{2}\%$ grösser gebaut sein als ihrer Kilowattleistung entspricht. Genau ebenso verhält es sich mit den Leitungen, die ja auch den watt- plus den wattlosen Strom zu führen haben, den Transformatoren, Motoren u.s.w.

Wenn auch die Erzeugung des wattlosen Stromes keine Kraft (Energie) erfordert, so verursacht sie doch Betriebskosten in Form von Zins, Abschreibung und Unterhalt des vermehrten Anlagekapitals. Es sei das an unserm Beispiel erläutert:

Mehrkosten 1300 KVA anstatt 1000 KW.

a) im Kraftwerk.

Die elektrische Maschinen- und Schaltanlage für 1300 KVA gegenüber 1000 KW ($\cos \varphi = 1$) erfordert einen Mehrbetrag von Fr. 7 200.—

b) in der Leitungsanlage,

primär und sekundär „ 78 800.—

c) in der Transformation

von Hochspannung auf Gebrauchsspannung „ 18 500.—

Total der Mehrkosten der vom Werk zu erstellenden Anlagen . . Fr. 104 500.—

Rechnet man für Zins, Abschreibungen und Unterhalt mit $12\frac{1}{2}\%$ vom Anlagekapital, wie das allgemein üblich ist, so kommt man zu einer Betriebskostenvermehrung von jährlich Fr. 13 000.— für eine Ueberlandzentrale von 1000 KW Jahresmaximum.

Bei einer Benützungsdauer von 2500 Stunden des Jahresmaximums werden dadurch die Selbstkosten der erzeugten Kilowattstunde um ca. $\frac{1}{2}$ Cts. oder um 10% erhöht, wenn man mit 5 Cts. Selbstkosten pro erzeugte Kilowattstunde, gemessen am Schaltbrett, rechnet.

Es lohnt sich unter diesen Umständen zweifellos nach Palliativmitteln zu suchen. Das älteste und bekannteste Mittel besteht wohl in der Kompensation der Phasenverschiebung durch

1. Übererregte, in das Netz eingeschaltete Synchronmotoren.

Dieselben haben den gesamten wattlosen Strom aufzunehmen, wenn der Leistungsfaktor auf 1 gebracht werden soll, das ist:

$$I \sin \varphi = 1300 \times 0,65 = 840 \text{ KVA.}$$

Die Anlagekosten für zwei Synchronmotoren von je 420 KVA
Aufnahmefähigkeit dürften etwa betragen Fr. 22 000.—

Die hieraus resultierenden Betriebskosten p. a. Fr. 2 500.—
plus Stromkonsum für den Leerlauf der Motoren. Bei einem Nutzeffekt von 94 % wird derselbe bei 3000 jährlichen Betriebsstunden betragen:
 $840 \times 0,06 \times 3000 = 151\,000$ KW-Stunden. Die Kilowattstunde zu 5 Cts. Selbstkosten gerechnet ergibt sich eine Auslage für Stromkonsum der Synchronmotoren Fr. 7 500.—

Gesamtbetriebskosten der Synchronmotoren Fr. 10 000.—

Die Synchron-Motoren verschaffen uns demnach eine Betriebsersparnis von jährlich Fr. 13 000.— minus 10 000.— = Fr. 3 000.—.

2. Wesentlich günstiger gestalten sich die Verhältnisse, wenn man die *Synchron-Motoren* anstatt nur leer mitlaufen zu lassen, *arbeiten* lässt, d. h. wenn man denselben gleichzeitig mechanische Arbeit entnimmt. Dazu fehlt indessen meistens die Gelegenheit, wenn die Motoren wenigstens im Werk selbst Aufstellung finden sollen, und will man das nicht, so ist die ganze Phasenregulierung dem Einflusse der Werkleitung entzogen.

Zahlenmässig lässt sich der Erfolg der nützlich belasteten Synchronmotoren schwer feststellen, weil derselbe ganz davon abhängt, welcher Prozentsatz des gesamten vom Werke gelieferten Kraftstromes sich in Synchronmotoren ausnützen lässt.

Nimmt man an, von unsern 1000 KW liessen sich 500 KW, d. h. die Hälfte in Synchronmotoren verlegen, ein Fall, der in der Praxis wohl nur selten vorkommen dürfte, liesse sich eine Ersparnis erzielen von etwa Fr. 8000.—.

3. Anstatt leerlaufende Synchronmotoren aufzustellen, die als dynamische Kondensatoren arbeiten, liesse es sich denken, *elektrostatische Kondensatoren* zu verwenden. Kondensatoren Manbridge'scher Konstruktion stellen sich etwa auf Fr. 65.— per aufzunehmendes KVA. Die aufzunehmende Leistung ist wieder gleich $I \sin \varphi$, in unserm Falle 840 KVA.

Dementsprechend die Anlagekosten = 840×65 Fr. 54 600.—

und die Betriebskosten:

a) indirekte an Zins, Abschreibung und Unterhalt $12\frac{1}{2}\%$ = . . . Fr. 6 820.—

b) an Stromkonsum ca. 0,6 % der scheinbaren Leistung während
3000 Stunden des Jahres = „ 780.—

Total der Betriebskosten Fr. 7 600.—

Ersparnis zufolge Verbesserung des Leistungsfaktors durch Kondensatoren = Fr. 13 000.— minus Fr. 7 600.— = Fr. 5 400.—

4. *Der Vibrator*. Eine wirtschaftlichere Lösung der Kompensation der Phasenverschiebung in Wechselstromkreisen haben in neuerer Zeit Walker & Scherbius, bzw. Kapp mit ihrem sogenannten Vibrator angegeben, der als Zubehör zu jedem grössern Motor direkt auf den Leistungsfaktor desselben einwirkt.

Das Prinzip des Vibrators besteht darin, dass er eine, dem Rotorstrom des Motors um $\frac{1}{4}$ Periode voreilende E. M. K. erzeugt, die, dem erstern zugeführt, die Phase des Statorstromes vorschiebt.

Der Kapp'sche Apparat für Drehstrom-Motoren besteht aus drei in einem Gestell vereinigten Gleichstromankern besonderer Bauart, die in den Rotorstromkreis zwischen Schleifringe und Anlasswiderstand eingeschaltet werden. Die Erregung der Gleichstrom-Magnete besorgt eine Akkumulatoren-Batterie. Die zur Erregung nötige Energie ist gering, für einen 250 PS Drehstrom-Motor sind etwa 1,5 KW nötig. Die Wirkung des Vibrators ist sehr günstig, insofern, als der Leistungsfaktor zwischen $\frac{1}{4}$ und Vollast des Motors auf 1 gehalten werden kann.

Allein auch dieses Hilfsmittel kann nicht allgemein befriedigen. Erstens rentiert die Aufstellung eines derartigen Hilfsapparates nur bei grösseren Motoren. Zu einem 2 oder 3 PS-Motor, der den ungünstigeren Leistungsfaktor aufweist als der grosse Motor, wird es niemandem einfallen, einen Vibrator aufzustellen. Besteht die Netzbelastung aus einer Grosszahl von Kleinmotoren, so ist dieses Mittel somit nicht anwendbar.

Sodann entsteht die Frage, wer für die Kosten aufzukommen hat; der Abonnent wird dieselben nur tragen, wenn er vom Werk entsprechende Kompensationen erhält. In der Praxis hat also auch hier das Werk die Kosten der Verbesserung des Leistungsfaktors zu tragen. Die dabei erzielten Ersparnisse sind in der Theorie günstiger als bei der dynamischen, oder statischen Kondensator-Methode, in der Praxis wird indessen der Erfolg doch ziemlich stark davon abhängen, wie sich das Werk mit dem Abonnenten in Bezug auf den Vibrator-betrieb verständigen kann.

Es ist kaum anzunehmen, dass *irgend eines dieser angegebenen Hilfsmittel* zur Verbesserung des Leistungsfaktors je allgemeinen und durchschlagenden Erfolg haben wird. Um so eher liegt der Gedanke nahe, ob sich die Situation nicht auf dem Wege der *Tarififikation des elektrischen Stromes* wenigstens einigermaßen verbessern liesse.

Alle unsere gebräuchlichen Stromtarife berücksichtigen den Leistungsfaktor überhaupt nicht, oder wenigstens nicht direkt. Man verkauft Kilowatt bzw. Kilowattstunden, und schreibt höchstens vor, dass die angeschlossenen Stromverbraucher so gebaut sein müssen, dass sie die üblichen Werte des Leistungsfaktors nicht unterschreiten. Das hat zur Folge, dass vielmals gerade diejenigen Abonnenten, es sind gewöhnlich die Grossabonnenten, die mit ihren grossen und gut belasteten Motoren wenig Phasenverschiebung erzeugen, die Kosten des wattlosen Stromes indirekt zu bezahlen haben, während die Kleinabonnenten, welche die Phasenverschiebung grösstenteils verursachen, verhältnismässig zu gut wegkommen.

Hier greift nun das

Tarif-System des Professors Arnò am Polytechnikum in Mailand

ein, welches mit Hülfe des neuen Zählers ausser dem Wattstrom auch einen gewissen Teil des wattlosen Stromes tarifiert. Arnò misst:

$$\underbrace{I E \cos \varphi}_{\text{Wattstrom}} + \underbrace{\frac{1}{n} I E (1 - \cos \varphi)}_{\text{eine Fraktion wattlosen Stromes}} = I E \frac{1 + (n - 1) \cos \varphi}{n}$$

Diesen letztern Ausdruck nennt Arnò die *komplexe Belastung*, und Zähler, welche die komplexe Belastung messen, *komplexe Zähler*.

Auf Grund von theoretischen Ueberlegungen und an Hand praktischer Beispiele weist Arnò nach, dass n in den extremsten Fällen zwischen 2 und 4 liegt, in den weitaus meisten Fällen aber zwischen

2,5 und 3,5,

so dass man ohne nennenswerten Fehler n im Mittel gleich 3 setzen kann. Der Ausdruck für die komplexe Belastung nimmt dann die folgende Form an:

$$C = I E \frac{1 + 2 \cos \varphi}{3} \quad \text{oder} \quad C = \frac{2}{3} I E \cos \varphi + \frac{1}{3} I E$$

d. h. die komplexe Belastung ist dargestellt durch die Summe von $\frac{2}{3}$ Watt und $\frac{1}{3}$ Voltamperes.

Auf Wattmeter oder Wattzähler übertragen, erreicht Arnò dieses Resultat dadurch, dass er in der Spannungsspule des Instrumentes eine Phasenverschiebung erzeugt in bestimmter Proportion zum wattlosen Strom.

Die praktische Ausführung des komplexen Zählers unterscheidet sich somit vom gewöhnlichen Zähler lediglich durch den Einbau von ein oder mehreren Hülsspulen je nach Art des Zählers. Dementsprechend ist auch der Preis des komplexen Zählers nicht wesentlich höher als derjenige des gewöhnlichen Zählers.

Um die Hülsspulen nicht zu universell gestalten zu müssen, unterscheidet Arnò

Lichtstromzähler für einen Leistungsfaktor von 0,8—1

und Kraftstromzähler für einen Leistungsfaktor von 0,5—0,92

beziehungsweise „ „ „ „ 0,1—0,5

Selbstverständlich werden diese Zähler gebaut für Einphasen- und Drehstrom. Die komplexen Zähler sind einwandfrei eichbar, und leicht kontrollierbar in Stromkreisen mit $\cos \varphi = 1$, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Zählerkonstante für Kraftzähler nicht mehr 1 ist, sondern 0,911 für Zähler der Kategorie: $\cos \varphi = 0,92$ bis 0,5.

Es liegen Prüfergebnisse vor von der Eichstätte des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, des technischen Institutes in Mailand u. s. w., welche das folgende Resultat ergeben.

Resultate der Prüfung von Zählern für komplexe Belastung

aus der Eichstätte des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich.

a) Wechselstrom-Zähler, Fabrikat Landis & Gyr.

Kraftzähler für $\cos \varphi = 0,9—0,5$.

No. 128 482, 5 Amp., 100 Volt, 50 Perioden.

Fehlerbestimmung bei Vollaststrom und variablen Leistungsfaktoren:

Volt	Amp.	Watt	$\cos \varphi$	Komplexe Belastung	% Zählerfehler mit komplexer Belastung
100	5	500	1,0	500	— 11,0
100	5	450	0,9	466	— 0,75
100	5	400	0,8	433	+ 1,5
100	5	350	0,7	399	+ 2,0
100	5	300	0,6	366	+ 1,5
100	5	250	0,5	333	+ 0,2
100	5	200	0,4	299	— 3,3
100	5	150	0,3	266	— 6,5
100	5	100	0,2	233	— 11,0
100	5	50	0,1	199	— 15,5

b) Wechselstrom-Zähler, Fabrikat Landis & Gyr.

Lichtzähler für $\cos \varphi = 1—0,8$.

No. 128 337, 5 Amp., 100 Volt, 50 Perioden.

Fehlerbestimmung bei Vollaststrom und variablen Leistungsfaktoren:

Volt	Amp.	Watt	$\cos \varphi$	Komplexe Belastung	% Zählerfehler mit komplexer Belastung
100	5	500	1,0	500	— 3,0
100	5	450	0,9	466	\pm 0,0
100	5	400	0,8	433	— 1,5
100	5	350	0,7	399	— 4,7
100	5	300	0,6	366	— 9,0
100	5	250	0,5	333	— 12,0

c) Wechselstrom-Zähler, Fabrikat Siry-Chamon & Cie., Milano.

Kraftzähler für $\cos \varphi = 0,5-0,1$.

No. 257 676, Max. Messbereich 10 Amp., 120 Volt, 42 Perioden.

Zähler-Konstante bei einer Umdrehung der Scheibe = $0,347\frac{2}{3}$ Wattstd. + $\frac{1}{3}$ V.-Amp.-Std.

Prüfung bei Vollast:

Versuche	Amp.	Volt	Leistungsfaktor	Zähler-Fehler		
				50 Perioden	44,5 Perioden	42 Perioden
1	10	120	0,6	— 4,0	— 1,4	—
2	10	120	0,5	— 2,1	+ 0,0	—
3	10	120	0,4	— 1,4	+ 1,4	—
4	10	120	0,3	+ 4,9	+ 1,7	—
5	10	120	0,2	+ 5,5	+ 2,0	—
6	10	120	0,1	+ 6,2	+ 2,1	—

Prüfung bei Halblast:

7	5	120	0,6	— 3,8	— 0,6	—
8	5	120	0,5	+ 0,6	+ 1,7	—
9	5	120	0,4	+ 2,9	+ 2,8	—
10	5	120	0,3	+ 5,6	+ 3,5	—
11	5	120	0,2	+ 7,3	+ 2,8	—
12	5	120	0,1	+ 7,9	+ 2,8	—

Prüfung bei $\frac{1}{10}$ der Vollast:

13	1	120	0,6	— 5,5	— 2,8	—
14	1	120	0,5	+ 0,0	— 1,0	—
15	1	120	0,4	+ 2,0	+ 0,7	—
16	1	120	0,3	+ 4,9	+ 0,0	—
17	1	120	0,2	+ 6,6	+ 4,0	—
18	1	120	0,1	+ 8,3	+ 5,5	—

Einlässliche Versuche an Zählern von Siry und Chamon (Mailand) in Bezug auf das Drehmoment und den Wattverbrauch haben ergeben:

Drehmoment bei Vollast und $\cos \varphi = 1 = 3,5$ cm.gr.

Drehmoment bei Vollast und $\cos \varphi = 0,5 = 3,04$ „

Nebenschlusswattverbrauch bei 120 Volt und

42 Perioden pro Sekunde = 1,7 Watt.

Das heisst, die Zähler entsprechen bezüglich des Drehmomentes den allgemeinen Bedingungen, während der Wattverbrauch im Nebenschluss wesentlich höher ist als bei den gewöhnlichen Wattstundenzählern. In der Praxis hat das indessen nicht viel zu bedeuten, da die komplexen Zähler in der Hauptsache nur für Kraftbetriebe und grössere Licht-Installationen Anwendung finden.

Um den Einfluss der Tarifierung der komplexen Belastung zu zeigen, möchte ich nochmals auf das eingangs behandelte praktische Beispiel zurückkommen. Wir haben dort gesehen, dass in einem bestimmten Falle per Jahr $1300 \times 2500 = 3\,250\,000$ KVA-Stunden erzeugt und übertragen werden müssen, wovon indessen nur 2 500 000 KW-Stunden gezählt und verrechnet werden können. Nehmen wir den Selbstkostenpreis per Kilowattstunde gemessen im Werk zu 5 Cts. an, so hat das Werk eine Einnahme von :

a) nach dem alten Tarifsysteem:

$$2\,500\,000 \times 0,05 = \text{Fr. } 125\,000.-$$

b) nach dem komplexen Tarifsysteem:

$$\left(\frac{2}{3} 2\,500\,000 + \frac{1}{3} 3\,250\,000\right) 0,05 = \text{„ } 137\,500.-$$

d. h. die Einnahmen nach dem komplexen Tarifsysteem sind um Fr. 12 500.— höher als nach dem alten Verrechnungsmodus. Wir haben aber gefunden, dass die Erzeugung und Fortleitung des wattlosen Stromes ca. Fr. 13 000.— Betriebskosten verursachen, mit andern Worten, die Tarifierung auf Grund der komplexen Belastung deckt ziemlich genau die Betriebskosten des wattlosen Stromes.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich hat mir in zuvorkommender Weise einige *Beispiele aus der Praxis* zur Verfügung gestellt, die ich hier noch kurz beifügen möchte.

Betriebs-Ergebnisse mit komplexen Zählern.

1. Einzelantrieb mit sechs Motoren in einer Buchbinderei.

		KW-Stunden-Zähler:	Ergebnis am komplexen Zähler:
Stand	3. August 1913	2618	1432
„	19. Februar 1913	1720	247
Differenz		898	1185
Betrag		Fr. 179.60	Fr. 237.—

Entsprechender Mehrbetrag in 5 Monaten von Fr. 57.40.

2. Personenlift.

Verbrauchsobjekt: Drehstrom-Motor, Maximal-Leistung 2 PS für elektrischen Aufzug in einem Verwaltungs-Gebäude. Tragkraft 4 Personen.

Betriebsmessungen:

	Volt	Phase I Amp.	Phase II Amp.	Phase III Amp.	Volt Amp.	Watt	cos φ	Fahr- richtung
Fahrt 1 Mann	520	3.7	4.1	4.2	3600	1900	0.52	aufwärts
	524	3.7	4.1	4.0	3575	1840	0.51	abwärts
„ 2 Mann	526	4.0	4.6	4.4	3950	2180	0.55	aufwärts
	520	3.5	4.0	3.8	3400	1500	0.44	abwärts
„ 3 Mann	515	4.7	5.1	5.0	4410	2635	0.60	aufwärts
	518	3.1	3.7	3.6	3120	1120	0.36	abwärts
„ 4 Mann	515	5.5	6.2	5.8	5200	3025	0.58	aufwärts
	520	3.3	3.6	3.8	3250	770	0.24	abwärts

Zähler-Ergebnisse:

	Wattstundenzähler KW.-St.	Zähler für komplexe Belastung
Stand am 16. Januar	805.1	173.5
Stand am 10. Januar	772.8	132.0
Differenz	32.3	41.5

3. Medizinische Apparate.

Verbrauchsobjekt: *Medizinische Apparate.*

Messungen:

Strombelastungen und Phasenverschiebungen.

Watt	Volt	Amperes	Leistungsfaktor
706	106	68.0	0.098
800	102	72.0	0.109
590	107	48.0	0.114
1000	108	48.5	0.191
1056	108.5	48.5	0.200

Zählerergebnisse:

	Wattzähler KW-Std.	Zähler für komplexe Belastung
Stand am 1. Dezember	14442	785.88
Stand am 1. November	14215	2.50
Differenz	227	783.38

Volt-Ampere-Zähler.

Wenn man in der Formel:

$$I E \frac{1 + (n - 1) \cos \varphi}{n}$$

$n = 1$ setzt, so nimmt der Ausdruck den Wert

$$I E$$

an, d. h. das Instrument misst die scheinbare Leistung. Man hat es somit in der Hand, durch entsprechende Konstruktion der Hülsspule aus dem Wattstundenzähler einen Volt-ampere-stundenzähler zu machen, bzw. aus dem Wattmeter ein Voltamperemeter.

Eine Kombination von einem Wattmeter oder Wattstundenzähler mit einem Volt-ampere-meter oder Voltamperezähler gibt ein *Watt-Voltampere-meter* bzw. einen *Watt-Volt-ampere-stundenzähler*, mit dessen Hülfe man beispielsweise im Stande ist, den effektiven Jahresleistungsfaktor eines Werkes oder einer Anlage zu bestimmen.

Gesetzliche Zulässigkeit der komplexen Zähler.

Ich bin schon gefragt worden, ob komplexe Zähler in der Schweiz gesetzlich zulässig seien, da sie nicht die Wattstunde, sondern eine komplexe Grösse registrieren. Darauf ist zu erwidern, dass ja auch die Amperestundenzähler zulässig sind und viel verwendet werden, trotzdem dieselben nur den einen Faktor der Leistungsformel $I E$ berücksichtigen, d. h. die Stromstärke, während sie die Spannung ganz unberücksichtigt lassen. Selbst bei Gleichstrom ist ein Amperestundenzähler nur dann ein Energiemesser, wenn die Spannung absolut konstant ist, eine Voraussetzung, die selten zutrifft.

Der komplexe Zähler dagegen misst Teile der effektiven und scheinbaren Energie in ganz bestimmtem eichbaren Verhältnis.

Tatsächlich sprechen unsere Eichgesetze in Bezug auf die elektrischen Maasseinheiten von Volt, Ampere und deren Kombination „Watt“ und verlangen die Eichbarkeit der bezüglichen Mess-Instrumente, alles Bedingungen, welchen der komplexe Zähler entspricht.

Diskussion zum vorstehenden Vortrag.

Von Prof. Ricc. Arnò (Mailand)

wurden im Anschluss

Ergänzungen

vorgebracht, die in Folgendem zusammengefasst seien.

Bei der „Società Lombarda“ in Oberitalien hat man, ausgehend von der Erfahrung, dass die Elektrizitätswerke mit der Berechnung der gelieferten Energie nach Kilowattstunden nicht richtig bezahlt werden, damit begonnen, nach den Kilovoltamperestunden, multipliziert mit einem Faktor, der nach Umständen fixiert wurde, aber ≤ 1 ist, zu rechnen. Andere oberitalienische Werke sind nachgefolgt. Man kann für verschiedene Verhältnisse verschiedene Phasenverschiebungen, eine „Linie der Tarifikation“ bestimmen, welche diesen Faktor darstellt. Der Redner erläutert dies an einem Diagramm. Für jene oberitalienischen Werke ist der *Mittelwert* jenes Faktors z. B. 0,82, des $\cos \varphi = 0,88$.

Die Einzelheiten der Begründung der vom Redner angenommenen Werte dieses Faktors, bzw. des zur *reellen* Leistung zugefügten Anteils der „*wattlosen* Leistung“ behufs angemessener Entschädigung der Werke für die Aufwendungen derselben zur Produktion dieser Leistung, finden sich in zahlreichen Schriften des Autors, aus denen der Redner einige Hauptgedanken mitteilt. Diese Schriften sind:

- La Lumière Electrique, 1. IV. 11: „Nouveaux Principes et appareils de mesure industrielle“;
 15. V. 11: „Sur la définition pratique et exacte de la charge complexe“;
 1912: „Emploi du „Voltcoulombmètre“, Système Arnò.
 Berichte über den internat. elektrotechnischen Kongress in Turin, 10–17. IX. 11:
 „Di una Soluzione del Problema della compra-vendita dell' Energia elettrica.“
 „Watt-Voltamperometri elettrodinamici e a induzione.“

(In denselben Schriften finden sich für Interessenten auch die Angaben über die *Konstruktion* der „komplex zählenden“ Elektrizitätszähler.)

