

Construction und Prüfung  
der  
Elektrizitätszähler

von

A. Königswerther

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294807







Construktion und Prüfung

der

# ELEKTRICITÄTSZÄHLER

von

**A. Königswerther**

Ingenieur

Docent für Elektrotechnik am Technikum Stadtsulza

Mit 362 Abbildungen

*Z. Nr. 25093*



**Hannover**

Verlag von Gebrüder Jänecke

1903

*2,120*  
x



ELEKTROSTATIKER

Alle Rechte, namentlich das Recht der Übersetzung, vorbehalten

II 5343



Akc. Nr. 4983/50

## Vorwort

Das vorliegende Buch ist aus einer Reihe von Vorträgen entstanden, welche ich im „Elektrotechnischen Verein“ zu Darmstadt über das behandelte Thema gehalten habe. Einer mehrfachen Aufforderung, das für jene Vorträge gesammelte Material zu veröffentlichen, kam ich um so lieber nach, als die Litteratur über Elektrizitätszähler nur eine sehr beschränkte ist und eine zusammenhängende Beschreibung der Prüfverfahren und Einrichtungen von Laboratorien für Prüfämter bisher nicht existiert.

Ich mache nicht den Anspruch, etwa alle Zähler, die konstruiert sind, beschrieben zu haben, nur die verschiedenen Gruppen sollten durch eine grössere Anzahl Beispiele charakterisiert werden. Bei der Fülle der Neuheiten in der Elektrotechnik ist es heutzutage nicht leicht möglich, ja sogar unmöglich, vollständig zu sein.

Die Einteilung des Stoffes entspricht dem Werdegang des Elektrizitätszählers. Im ersten Teile sind die hauptsächlichsten Gleichungen gegeben, welche den Konstruktionen, die im zweiten Teile behandelt sind, zu Grunde liegen. Der dritte Teil schliesslich umfasst die Einrichtungen der Prüfämter und die Prüfverfahren.

Die benutzte Litteratur habe ich stets in Fussnoten angegeben, und zwar bedeuten:

- E. T. Z. = Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
- Z. f. E. = Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien.
- Z. f. E. u. M. = Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Potsdam.
- E. A. = Elektrotechnischer Anzeiger, Berlin.
- E. R. = Elektrotechnische Rundschau, Frankfurt a. M.
- Z. f. B. = Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Berlin.
- F. d. E. = Fortschritte der Elektrotechnik, Berlin.
- Ecl. él. = Eclairage électrique, Paris.
- Ind. él. = Industrie électrique, Paris.
- El. Paris = Electricien, Paris.
- El. World = Electrical World, New-York.
- El. London = Electrician, London.

Ich nehme an dieser Stelle Gelegenheit, allen denen, welche mich auf meine Bitte hin mit Material unterstützt haben, bestens zu danken.

Die Verlagsbuchhandlung hat sich bemüht, in Bezug auf Ausstattung und Preis des Buches dem technischen Publikum möglichst entgegenzukommen; ich darf daher wohl hoffen, dass das Buch bei den Herren Fachgenossen eine freundliche Aufnahme finden wird.

Stadtsulza, im November 1902

A. Königswerther



# Inhalt

Einleitung . . . . .	Seite 1
----------------------	------------

## Erster Teil.

<b>Gleichungen für den Effekt in Gleich-, Wechsel- und Mehrphasenstromsystemen. — Messmethoden . . . . .</b>	<b>2</b>
--	----------

Allgemeine Gleichungen für den Effekt in Gleich- und Wechselstromsystemen. — Allgemeine Gleichungen für Wattstunden-, Ampèrestunden- und Elektrizitätszeitähler. — Gleichungen für Pendelzähler. — Gleichungen für elektromagnetische und elektrodynamische Motorzähler. — Gleichungen für Induktionszähler. — Gleichungen für den Effekt in Drehstromsystemen ohne und mit Nullleiter.

## Zweiter Teil.

<b>Konstruktion der Elektrizitätszähler . . . . .</b>	<b>21</b>
---	-----------

Anforderungen an Elektrizitätszähler.

<b>A. Registrierende Instrumente . . . . .</b>	<b>26</b>
--	-----------

Konstruktionsprinzipien. — Ausführung der Schreibstifte. — Universalregistrierinstrument von Siemens & Halske A.-G. — Registrierinstrument von Gans & Goldschmidt. — Registrierinstrument von Hartmann & Braun A.-G. — Verwendung der Registrierinstrumente.

<b>B. Instrumente mit absatzweiser Summierung . . . . .</b>	<b>36</b>
---	-----------

Konstruktionsprinzip. — Säbelzähler von Siemens & Halske A.-G. — Präcisionselektrizitätszähler von Siemens & Halske A.-G. — Zähler von Rissler & Bauer (Tourtelzähler). — Summierungsvorrichtung von Hartmann & Braun A.-G. — Zähler von Johnson & Murday.

### C. Integrierende Zähler

<b>1. Elektrochemische Zähler . . . . .</b>	<b>45</b>
---	-----------

Edisonzähler der Edison Illuminating Co. in New-York. — Wagebalkenzähler von Edison. — Bastian-Zähler. — Zähler von A. Wright. — Strasser-Zähler — Wrightsche Schaltung zur Ausgleichung des Spannungsabfalls.

<b>2. Pendelzähler . . . . .</b>	<b>55</b>
----------------------------------	-----------

Zähler von Ayrton und Perry — Aronzähler für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom. — Horizontal-Balancier-Zähler

der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft. — Registriervorrichtung von E. Bergmann. — Pendelzähler von G. Hookham. — Zähler von Boys. — Aronsche Ausführung desselben.

### 3. Motorzähler.

- a) Elektrodynamische und elektromagnetische Motorzähler . . . . . 72

Konstruktionsgrundlagen. — Zähler von O'Keenan der Danubia A.-G. — Ampèrestundenzähler der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft. — Bremsvorrichtungen. — Unterschied zwischen dem Danubia- und A. E.-G.-Zähler. — Zähler von E. S. Halsay. — Ferranti-Zähler. — Zähler von H. Reason und The Mutual Electric-Trust. — Zähler von Chamberlain & Hookham Ltd. — Thomsonzähler der „Union“, E.-G. — Zähler von E.-A.-G., vorm. Schuckert & Co. — Zähler der Luxschen Industriewerke. — Schaltung für Zähleranker der Union E.-G. — Vorrichtungen zur Unterstützung des Anlaufs. — Vorrichtungen zur Verhütung des Leerlaufs. — Magnetische Achslagerentlastungen. — Aufhängung des Ankers an einem Torsionsfaden. — Zähler von Dr. Hiecke. — Reversiermotorzähler der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft. — Zahnradkollektor von E.-A.-G., vorm. Schuckert & Co. — Zähler von Dr. Brüger der Firma Hartmann & Braun A.-G. — Elektromagnetische Zählwerksbedienung von S. Evershed. — Zähler von A. Peloux. — Flügelwattstundenzähler von Siemens & Halske A.-G. — Zähler von G. Hookham. — Motorzähler für Mehrleiteranlagen. — Elektrodynamische Motorzähler für Wechsel- und Drehstrom. — Zähler mit Hilfsmotor von Ch. Schmidlin und W. A. Price.

- b) Induktionszähler . . . . . 116

Prinzip des unsymmetrischen Feldes.-Wright-Ferranti-Zähler. — Duncan-Zähler. Zähler der Westinghouse Company. — Bremswirkungen und Hilfsdrehmoment. — Ferraris-Ampèrestundenzähler von Hartmann & Braun, A.-G. — Vorrichtungen und Schaltungen zur Erzeugung von Phasenverschiebungen von  $90^{\circ}$ . — Zähler von Catenhusen. — Wechselstromwattstundenzähler der E. A. G. vorm. Schuckert & Co., der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft, von Hartmann & Braun A.-G., von Siemens & Halske A.-G. — Wechselstromwattstundenzähler für kleine Belastungen der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft u. v. Hartmann & Braun A.-G. — Zähler von R. Theiler der „Union“ E.-G. — Zähler von Juraske, Brockelt & Rumrich. — Schaltungen für Induktionszähler in Drehstromnetzen ohne Nulleiter von Siemens & Halske A.-G., Union E.-G., C. Raab, A. Gast, Fritsch-Traut-



	mann, Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft. Drehstrominduktionszähler für beliebige Belastung in den drei Phasen der E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. — Drehstrominduktionszähler für gleichbelastete Phasen. — Anlaufunterstützungen. — Vorrichtungen zur Verhütung des Leerlaufs.	
c)	Konstruktionsdetails zu Motorzählern . . . . .	168
	Konstruktion der Achsenlagerung. — Arretierungs- vorrichtungen. — Bremsvorrichtungen.	
4.	Oscillierende Zähler . . . . .	179
	Konstruktionsprinzip. — Zähler von Hummel. — Zähler von A. Lotz u. der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft. — Strom- zuführungen. — Zähler mit Hilfsmotor von Hummel und der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft. — Zähler von P. R. Blondlot. — Zähler der Deutsch-Russischen Elektrizitäts- Gesellschaft. — Zähler von Holden & Garfield und G. Little. — Zähler von Weston. — Zähler von J. Möhrle.	
5.	Zeitähler . . . . .	194
	Konstruktionsprinzip. — Zeitähler von Aubert. — Zeitähler von Jordan & Treier und der Allg. Elektrizitäts- Gesellschaft. — Zeitähler von Siemens & Halske A. G., Fragar, Dr. F. Kuhlo, Hartmann & Braun A.-G. — Zeit- zähler für mehrere Stromkreise von Villy, Raschke & Co., Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft, Caudery, Dr. O. May.	
6.	Besondere Konstruktionen . . . . .	200
	Benutzung der Wärmewirkungen des Stromes im Zähler von C. Raab. — Zähler von T. A. Edison mit veränder- licher Übersetzung. — Zähler von F. A. Brocq. — Blase- balgzähler von F. J. Beaumont und Harry Nunns.	
<b>D.</b>	<b>Zähler für besondere Zwecke . . . . .</b>	<b>207</b>
1.	Zähler für Accumulatorenbetrieb.	
	Zweck der Accumulatorenzähler. — Konstruktions- prinzip von H. Aron und M. Kugel. — Accumulatorenzähler der Danubia A.-G. — Thomsonzähler der Union E.-G. für Accumulatorenbetrieb. — Zähler von Cooke und Ireland. — Zähler von P. W. Northey und The Electric Motive Power Co. — Arons Pendelzähler für Accumula- torenbetrieb.	
2.	Transportable Elektrizitätszähler und Strassenbahnzähler . . . . .	219
	Einfluss von Erschütterungen auf die Angaben der Zähler. — Untersuchungen von O. Keenan. — Gummi- lagerung der Union E.-G. — Strassenbahnzähler der Union E.-G. — Zähler für Strassenbahnwagen mit gemischtem Betrieb von C. Liebenow. — Streckenzähler für Strassen- bahnen.	



3. Höchstverbrauchsmesser und Zähler für besondere Tarife . . . . . 221

Tarifsysteme. — Der Wrightsche Tarif. — Wrights Höchstverbrauchsmesser der Luxschen Industriewerke. — Höchstverbrauchsmesser von F. Lux jr. und der Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft. — Thomsonzähler mit Höchstverbrauchsmesser von Halsey. — Zähler von W. Mathiesen. — Doppeltarifsysteem. — Doppeltarifzähler von H. Aron, E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co., der Union E.-G. mit Schaltung durch besondere Uhren. — Doppeltarifzähler von H. Aron, Union E. G. mit Schaltung durch besondere Leitung von der Centrale. — Staffeltarifsysteem von Dr. Kallmann. — Kontrollautomat von Dr. Paul Meyer A.-G.

4. Automatische Elektrizitäts-Verkäufer . . . 246

Automat von Lingen & Baumgart. — Automat von Long und Schattner. — Automat von C. O. Bastian. — Automat der Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs. — Automat der Danubia, A.-G. — Automatische Einrichtung für Thomsonzähler der British Thomson-Houston Co. von P. Cox und E. Allo. — Auf Wärmewirkung des Stromes beruhender Automat. — Automat von Soames & Crawley. — Verwendung der Automaten.

E. Allgemeine Konstruktionsdetails. — Messtransformatoren . . 257

Zweckmässigkeit der Wahl bestimmter Stromstufen. — Konstruktionen für geringe und sehr hohe Ströme und Spannungen. — Messtransformatoren von Siemens & Halske A.-G. und Union E.-G. — Drosselspulen der Union E.-G. und Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft. — Die Zählwerke. — Die Gehäuse und Anschlussklemmen.

### Dritter Teil.

#### Prüfung der Elektrizitätszähler.

A. Prüfung während der Fabrikation . . . . . 270

Reihenfolge der Prüfung. — Prüfung des Ganges von Pendelzählern. — Prüfung der Lager und Anker bei Motorzählern. — Prüfung der Spulen. — Prüfung der Zählwerke. — Prüfung auf Körperschluss.

B. Aicheinrichtungen für Elektrizitätszähler . . . . . 272

Einleitung.

1. Energiequellen und Schaltung . . . . . 272

Für Gleichstrom. — Für Wechsel- und Drehstrom.

	Seite
2. Messinstrumente, Regulierapparate, Schalttafeln . . . . .	288
Apparate zur Messung der Zeit. — Apparate zur Messung der elektrischen Grössen. — Widerstände. — Schalttafeln.	
3. Vorrichtungen zur Zählerprüfung am Ver- wendungsorte . . . . .	298
Prüfklemmen. — Belastungswiderstände.	
<b>C. Aich- und Prüfungsverfahren.</b>	
1. Allgemeines. Systemprüfungen und Prü- fungsverfahren der Prüfämter . . . . .	306
Abhängigkeit der Angaben von der Temperatur, Be- triebsspannung, Periodenzahl. — Systemprüfung. — Be- stimmung des Verbrauchs elektrischer Leistung im Apparat. — Verhalten bei Überlastung, Leerlauf, Rückstrom. — Einfluss magnetischer Felder und der Aufhängung.	
2. Aichung von Pendelzählern . . . . .	312
Aichung der langpendeligen Aronzähler. — Aichung der kurzpendeligen Aronzähler.	
3. Aichen von Motorzählern und oscillieren- den Zählern . . . . .	317
Bestimmung der Konstanten von Motor- und oscillieren- den Zählern. — Aichen der Induktionszähler für Wechsel- und Drehstrom. — Drehfeldrichtungsanzeiger.	
4. Aichung von Mehrleiterzählern . . . . .	323
Aichung von Dreileiter- und Fünfleiterzählern.	
<b>D. Fehlerquellen. — Formulare für Zähleraichungen . . . . .</b>	<b>326</b>
Beabsichtigte und nicht beabsichtigte Änderungen der Konstanten. — Beseitigung der Fehlerquellen. — Formu- lare für Zählerkontrolleure und Elektrizitätswerke.	



# Namen- und Sachregister

## A.

Accumulatorenzähler 207.  
Achsenlagerung 168.  
Achslagerentlastung, magnetische 95,  
171.  
Aicheinrichtungen 272.  
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft  
78, 137, 140, 154, 169, 172, 180,  
185, 195, 199, 221, 227, 258,  
262, 290, 300, 301.  
Allo, E. 253.  
Ampèrestundenzähler 3. 8, 63, 78.  
Anforderungen an Zähler 23.  
Anschlussklemmen 268.  
Arno, Ricardo 164.  
Aron, Dr. H. 13, 55, 207, 215, 233,  
241, 270.  
Arretierungsvorrichtungen 171.  
Astatiche Zähler 258.  
Aubert 195.  
Automaten 245.  
Ayrton & Perry 55.

## B.

Bastian, Charles Orme 49, 250.  
Bauch, Richard 14, 111, 146.  
Bauer, s. Rissler.  
Beaumont, F. J. 204.  
Behn-Eschenburg, Dr. 17.  
Belastungswiderstände 291.  
Bergmann, E. 67.  
Bifluid-Tachometer 290.  
Blathy 110, 124, 255.  
Blondlot, P. R. 187.  
Boys 71.  
Bremsvorrichtungen 78, 175.  
British Thomson-Houston Co. 253.  
Brocq, F. A. 203.  
Brockelt, s. Juraske.  
Bruger, Dr. 101, 122.

## C.

Catenhusen 135, 175.  
Caudery 196, 199.  
Cauro, Luigi 94

Chamberlain & Hookham 85.  
Chronographen 289.  
Compagnie pour la fabrication des  
compteurs 176, 250.  
Cooke 211.  
des Condres, Th. 110.  
Cox, P. 253.  
Crawley 245.

## D.

„Danubia“ A. G. 74, 208, 220,  
252.  
Deutsch - Russische Elektrizitäts-  
Zähler-Gesellschaft 67, 96, 97,  
189.  
Differentialtarife 224.  
Doppeltarifzähler 233.  
Doppelzeitschreiber 288.  
Drehstromzähler 10, 62, 144.  
„ „ für vier Leitungen  
17, 64, 165.  
Duncan, Th. 118.

## E.

Edison, Th. A. 46, 201.  
Effektgleichungen für Gleich- und  
Wechselstrom 2.  
Effektgleichungen für Dreiphasen-  
strom 11.  
Electric Motive Power Co. 211.  
Elektrotechnisches Institut Frank-  
furt (Main) 195.  
Endosmose 54.  
Energieverbrauch, Messung des —  
der Zähler 308.  
Evershed, S. 101.  
Evershed & Vignoles, London. 95.

## F.

Fehlerquellen 327.  
Ferranti 83, 116.  
Ferraris 7, 121.  
Flügelwattstundenzähler 105.  
Fort-Wayne Electric-Works 177.  
Frager 197.  
Frequenzmesser 291.



G.

Gans & Goldschmidt 32.  
Garfield, s. Holden.  
Gast, A. 152.  
Gehäuse 267.  
General Electric Co. 208.  
Glühlampenbelastungswiderstände  
301.  
Görgen, Max 274, 302.  
Görges 13, 17, 130.  
Görner 128.  
Gurwitsch 50.  
Gyrometer 290.

H.

Hahn, K. 246.  
Halsay, Ed. S. 81, 229.  
Hartmann & Braun A.-G. 33, 43,  
101, 123, 137, 141, 197, 291,  
301.  
Haskins 219.  
„Helios“ Elektrizitäts-Gesellschaft  
124, 167.  
Höchstverbrauchsmesser 224.  
Holden & Garfield 189.  
Hookham, G. 69, 107.  
Hummel 88, 126, 146, 165, 179,  
182, 183.

I.

Induktionszähler 7, 116.  
Ireland 211.

J.

Johnson & Murday 44.  
Jordan & Treier 195.  
Juráske, Brockelt & Rumrich 144.

K.

Kallmann, Dr. 243.  
Keenan, s. O'Keenan.  
Kempf-Hartmann, R. 291.  
Kontrollautomat 245.  
Kontrollzähler 290.  
Kugel, M. 207.  
Kuhlo, Dr. F. 197.  
Kurda 134.

L.

Liebenow, C. 221.  
Lingen & Baumgart 246.  
Little, G. 189.  
Long, F. M. 247.  
Long-Schattner-Automat 247.  
Lotz, A. 179.  
Lux'sche Industrierwerke 90, 182,  
224, 258.  
Lux, F., jr. 226, 227.  
Lux, Dr. H. 241.

M.

Marek, W. 324, 326.  
Mathiesen, W. 230.  
Maximalstrommesser 224  
May, Dr. O. 199, 299.  
Mehrleiterzähler 62, 109, 323.  
Messtransformatoren 259.  
Meyer, Dr. Paul, A.-G. 245.  
Miller 213.  
Möhlenbruck & Schmidt 174.  
Möhrle, J. 192.  
Möllinger, Dr.-Ing. 134, 146.  
Motorzähler 5, 72, 271, 317.  
Münchener Elektrizitäts-Werke 275,  
277, 287, 291, 328.  
Mutual Electric Trust 83.

N.

Normalaichungskommission 275, 276,  
286.  
Normalzähler 290.  
Northey, P. W. 211.  
Nunns, H. 206.

O.

O'Keenan 74, 219.  
O'K-Zähler 74.  
Orlich, F. 314, 318.  
Oscillierende Zähler 179, 317.

P.

Pauschaltarif 222.  
Peloux, A. 102, 120.  
Pendelzähler 3, 9, 55, 270, 312.  
Phasenregler 282.  
Phasenverschiebung, Mittel zur Er-  
reichung hoher Phasenverschie-  
bungen 124.

Physikalisch-Technische Reichs-  
anstalt 283, 286, 290, 295.  
Price, W. A. 113.  
Prüfklemmen 299.  
Prüfverfahren bei Prüfämtern 311.

**Q.**

Quecksilberumschalter 274.  
Quecksilbervoltmeter 50.

**R.**

Raab, C. 124, 147, 151, 200.  
Rasch, Dr. 241.  
Raschke & Co. 198.  
Reason, H. 83, 224.  
Registrierinstrumente 26.  
Richard Frères, Paris 27, 196.  
Ricks, G. W. D. 310.  
Rissler & Bauer 42.  
Rotten, M. 179.  
Rumrich, s. Juraske.

**S.**

Sahulka, Dr. S. 257, 281, 284, 307.  
Schallenberger 131.  
Schalttafeln 294.  
Schattner, E. 247.  
Schmidlin, Ch. 112.  
Schrader 167.  
Schrottke 130.  
Schuckert & Co., E. A.-G. vorm. 88,  
93, 100, 135, 155, 163, 165, 168,  
172, 238, 283, 296, 319, 320, 323.  
Schwarzhaupt, W. 245.  
Siemens & Halske, A.-G. 28, 37,  
39, 105, 138, 144, 147, 166, 167,  
169, 171, 177, 196, 259, 261, 264,  
287, 323.  
Soames 254.  
Staffeltarifsystem 243.  
Stanley, W. 95.  
Stanley Instrument Comp. New-York  
171.  
Stern, Dr. 19.

Strassenbahnzähler 219.  
Strasser 54, 179.  
Stromregulatoren 291.  
Stromstufen, Wahl der 257.  
Stromtransformatoren 259.  
Swinburne 138.  
Systemprüfung 307.

**T.**

Tachometer 290.  
Tarifsysteme 222  
Tarifsysteme, mechanische 223.  
Theiler, R. 143.  
Thomson 88, 116, 179.  
Tingley 131.  
Transportable Zähler 219.  
Tudor, H. 245.

**U.**

Uhde, W. 132.  
„Union“, Elektrizitäts-Gesellschaft  
88, 92, 94, 143, 145, 165, 169,  
208, 219, 239, 241, 262, 263.

**V.**

Verkehrsfehlergrenzen 24.  
Villy 198.  
Voigt & Haeffner 293.  
Voltstundenzähler 3.  
Vulkanzähler 176.

**W.**

Westinghouse Companie 119.  
Weston 192.  
Widerstände 291.  
Wirth & Co. 100.  
Wright, Arthur 50, 54, 116, 223.  
Wrighter Tarif 223, 224.

**Z.**

Zähler für besondere Tarife 221.  
Zählerhäuschen für Strassenbahn-  
zähler 221.  
Zählwerke 265.  
Zeitähler 3, 194.

**Berichtigung.**

In Fig. 14 und 221 muss mit der Spule im Nulleiter eine solche  
der Phase 1, nicht der Phase 2 wirken.



## Einleitung.

Für die praktische Verwertung der elektrischen Energie zu Beleuchtungszwecken oder zur Kraftübertragung ist die exakte Messung der von den einzelnen Konsumenten verbrauchten elektrischen Energie durchaus notwendig und nicht zum wenigsten ein die Rentabilität der Anlage bedingender Faktor.

Die Errichtung der ersten elektrischen Centralen zur gewerblichen Abgabe elektrischer Energie machte daher die Konstruktion von geeigneten Apparaten notwendig, welche die Grundlage einer Verrechnung zwischen Produzent und Konsument über gelieferte bzw. verwendete elektrische Arbeit geben konnte.

Von bedeutendem Einflusse auf die Entwicklung des Elektrizitätszählerbaues war jedoch im besonderen die Vervollkommnung des Tarifs, nach welchem die gelieferte Energie zu verrechnen ist. Der in frühester Zeit angewandte Pauschal tarif war natürlich nicht geeignet, fördernd auf den Zählerbau einzuwirken. Als man jedoch seinen unmoralischen Einfluss, seine Verleitung zur Kraftvergeudung, kennen gelernt hatte, trat die Aufgabe an die Elektriker heran, nach den Gesetzen und Wirkungen der Ströme, welche bereits im Laboratorium studiert und mathematisch behandelt waren, Messapparate zu konstruieren, welche dem vorliegenden Bedürfnis genügen konnten.

Eine Riesensumme von Arbeit ist seitdem für diesen Zweig der Technik verwendet worden und nicht eine jede hat die vielleicht erwarteten Früchte getragen. Aber die Technik besitzt heute bereits eine grosse Anzahl solcher Apparate, welche den meisten an die Elektrizitätsverbrauchsmesser zu stellenden Anforderungen genügen.

# Erster Teil.

## Gleichungen für den Effekt in Gleich-, Wechsel- und Mehrphasenstromsystemen. Messmethoden.

Allgemein ist der Effektverbrauch  $\mathcal{E}$  eines in einen Stromkreis eingeschalteten Apparates, Motors oder Lampensystems:

$$\mathcal{E} = \int e_t i_t \cdot dt \quad (1)$$

wobei  $e_t$  und  $i_t$  die Augenblickswerte der Spannung bzw. des Stromes bedeuten. Ist die Spannung  $e_t$  an der Konsumstelle konstant, wie dies in vielen Anlagen angenähert der Fall ist, so geht die Gleichung (1) über in:

$$\mathcal{E} = e \cdot \int i_t dt = C \cdot \int i_t dt. \quad (2)$$

Wird hingegen die Stromstärke  $i_t$  konstant gehalten und ist die Spannung eine Variable, so erhält die Gleichung (1) die Form:

$$\mathcal{E} = i \cdot \int e_t dt = C' \cdot \int e_t dt. \quad (2')$$

Kann man an einer Konsumstelle stets denselben Effektverbrauch voraussetzen, so vereinfacht sich die Gleichung weiter:

$$\mathcal{E} = e \cdot i \int dt = C'' \cdot \int dt. \quad (3)$$

Die Gleichung (1) gilt, da Augenblickswerte eingeführt wurden, für Gleich- und Wechselstromsysteme. Beim Übergang zu Effektivwerten  $\hat{e}$  und  $\hat{i}$  der Spannung resp. des Stromes tritt zu dem Produkt  $\hat{e} \cdot \hat{i}$  noch der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  hinzu. Es wird demnach für Wechselstrom:

$$\mathcal{E} = \int \hat{e} \cdot \hat{i} \cdot \cos \varphi dt \quad (1a)$$

bzw.

$$\mathcal{E} = \hat{e} \cdot \int \hat{i} \cos \varphi dt \quad (2a)$$

$$\mathcal{E} = \hat{e} \cos \varphi \int e dt \quad (2'a)$$

$$\mathcal{E} = \hat{e} \cdot \hat{i} \cos \varphi \int dt. \quad (3a)$$



Apparate, die nach den Gleichungen (1) und (1a) die Messung des Effekts vornehmen, heissen „Wattstundenzähler“ und entsprechend den in den übrigen Gleichungen vorkommenden Integralwerten sind zu unterscheiden „Ampèrestundenzähler“, „Voltstundenzähler“ und „Elektricitätszeitähler.“

Je nachdem bei den Apparaten eine fortlaufende Summierung oder eine fortlaufende Aufzeichnung der jeweiligen elektrischen Grösse oder eine Summation in gewissen Zeitabständen erfolgt, kann man unterscheiden integrierende, registrierende Apparate und Apparate mit absatzweiser Summierung.

Als Messmethoden können alle Wirkungen des der Spannung proportionalen Stromes und des Verbrauchsstromes selbst herangezogen werden und zwar kommen für Wattstundenzähler nur die Wechselwirkungen beider Ströme, für Ampère- und Voltstundenzähler die Wirkungen der entsprechenden Ströme allein in Betracht. Elektricitätszeitähler erfordern nur eine durch den Verbrauchsstrom bewirkte Auslösevorrichtung des Werkes einer gewöhnlichen Uhr.

Die Wechselwirkung zweier elektrischer Ströme wurde zuerst von Ampère untersucht und das Resultat dieser Untersuchungen in einem praktischen Apparate, dem Dynamometer, verwandt. Das Dynamometerprinzip, eine feste vom Nutzstrom durchflossene Spule beeinflusst eine von einem der Nutzspannung entsprechenden Strome durchflossene bewegliche Spule, liegt den meisten Gleichstromwattstundenzählern und einem Teile der Wechselstromwattstundenzähler zu Grunde. Je nachdem die Wechselwirkung zweier solcher Spulen zur Beeinflussung einer bereits bestehenden Bewegung (Pendelbewegung) oder zur Erzeugung einer solchen (Rotation, Oscillation) verwandt wird, unterscheidet man „Pendelzähler“ und „Motorzähler“ bezw. „oscillierende Zähler.“

Die Schwingungsdauer  $\tau$  eines physischen vertikalen Pendels mit dem Trägheitsmoment  $K$ , der Masse  $M$  und dem Abstand des Schwerpunktes von der Drehungsachse  $a$  ist bekanntlich

$$\tau = \pi \cdot \sqrt{\frac{K}{M \cdot g \cdot a}}$$

wobei  $g$  die Beschleunigung der Schwere ist. Nun sei  $z$  die Anzahl der Schwingungen in der Zeit  $t_2 - t_1$  bei normalem Gange, dann ist:

$$z = \frac{t_2 - t_1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{M \cdot g \cdot a}{K}}$$

Wird nun das Pendel so ausgebildet, dass die Linse durch eine von einem der Spannung proportionalem Strome durchflossene Spule ersetzt wird, so wirkt jene zunächst nicht anders als ein schwerer Körper. Setzt man aber unter ein solches Pendel eine Rolle, durch die der Verbrauchsstrom fliesst, so wird dieses angezogen oder abgestossen, d. h. das Pendel geht langsamer oder schneller, und die Angabe einer mit letzterem verbundenen Uhr weicht von dem normalen Gang ab.

Die Spannungsspule wirkt wie ein Magnet, dessen Moment proportional der Spannung  $e$  ist. Bedeuten  $i$  den Verbrauchsstrom und  $c$  eine Konstante des Apparates, so ist die neue Schwingungsdauer

$$\tau' = \pi \sqrt{\frac{K}{M \cdot g \cdot a + c \cdot e \cdot i}}$$

und die nunmehrige Anzahl der Schwingungen in der Zeit  $t_2 - t_1$ :

$$z' = \frac{t_2 - t_1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{M \cdot g \cdot a + c \cdot e \cdot i}{K}}$$

oder:

$$z' = \frac{t_2 - t_1}{\pi} \sqrt{\frac{M \cdot g \cdot a}{K} \left( 1 + \frac{c \cdot e \cdot i}{M \cdot g \cdot a} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

also:

$$z' = z \cdot \left( 1 + \frac{e \cdot i}{C} \right)^{\frac{1}{2}}$$

wobei bedeutet:

$$\frac{1}{C} = \frac{c}{M \cdot g \cdot a}$$

Unter der Annahme, dass die Anziehung der beiden Spulen klein gegen die Schwere ist, also  $\frac{e \cdot i}{C} < 1$ , kann man den Ausdruck in eine Reihe entwickeln:

$$z' = z \cdot \left( 1 + \frac{e \cdot i}{2C} - \frac{e^2 i^2}{8C^2} + \dots \right) \quad (3a)$$

Man erhält schliesslich unter Vernachlässigung des quadratischen und aller folgenden Glieder:



$$z \cdot e \cdot i = 2C \cdot (z' - z) \quad (4)$$

d. h. der Energieverbrauch ist proportional dem Gangunterschied zweier mit gleichartigen physischen Pendeln versehener Uhrwerke, deren eines von der Wechselwirkung einer Spannungs- und Stromspule beeinflusst wird.

Der Fehler, welcher durch Vernachlässigung der Glieder höherer Potenzen gemacht wird, ist offenbar umso kleiner, je grösser man  $C$  wählt. Dies erfordert jedoch kleine Gangveränderungen, was nicht im praktischen Interesse liegt, weil alsdann die Fehler wegen der Abweichung der Uhr und der Ablesung zu schwer ins Gewicht fallen. Man kann dem dadurch abhelfen, dass man beide Pendel im entgegengesetzten Sinne beeinflusst; dadurch erhält man für die Differenz der Schwingungszahlen  $z'$  und  $z''$ :

$$z' - z'' = z \left( 1 + \frac{e \cdot i}{2C} - \frac{e^2 i^2}{8C^2} \right) - z \cdot \left( 1 - \frac{e \cdot i}{2C} - \frac{e^2 i^2}{8C^2} \right)$$

$$z' - z'' = z \cdot \frac{e \cdot i}{C} \quad (5)$$

also ist die Gangdifferenz vollkommen dem Energieverbrauch proportional.

An vorstehender Theorie wird bei Verwendung von Horizontalpendeln nichts geändert, nur ist die für solche gültige Pendelgleichung einzuführen. Die richtende Kraft ist nicht mehr die Schwerkraft, sondern muss mit anderen weiter unten besprochenen Mitteln erreicht werden.

Benutzt man die Wechselwirkung zweier elektrischer Ströme zur Erzeugung einer Bewegung in derselben Weise, wie es im Elektromotor geschieht, so ergeben sich zwei Methoden, um eine Proportionalität zwischen Bewegungsgrösse und dem Produkt beider Ströme zu erzielen.

Rotiert ein Gleichstromanker in einem Magnetfelde von der Stärke  $N$  mit einer Geschwindigkeit  $v$ , so wird in den  $\xi$  axialen stromdurchflossenen Leitern auf der Ankeroberfläche eine der Klemmenspannung  $E$  entgegengesetzte  $E$ . M. K.  $e_g$  induciert und es gilt die Gleichung:

$$e_g = N \cdot \xi \cdot v. \quad (6)$$

Ist der im Anker fliessende Strom  $J$ , der Widerstand  $w$  so ist:

$$E = J w + e_g.$$



Trifft man die Anordnung so, dass keine Verluste auftreten, also der Motor keine Arbeit leistet, so wird die Gleichgewichtsgeschwindigkeit dann erreicht, sobald die Stromstärke im Anker  $J = 0$  oder angenähert Null ist, also  $E = e_g$  wird. Ist nun  $E = f(i)$  d. h. eine Funktion des Nutzstromes,  $N$  die Differenz eines konstanten Magnetfeldes  $N_c$  und eines von dem der Nutzspannung  $e$  proportionalen Strome erzeugten Feldes  $N_e$ , folglich  $N = N_c - N_e$ , so wird:

$$f(i) = (N_c - N_e) \cdot \xi \cdot v. \quad (7)$$

Es ist also  $v$  dem Verbrauchsstrom  $i$  proportional und umgekehrt proportional der Differenz  $N_c - N_e$ , welche von der Nutzspannung abhängt. Die Geschwindigkeit  $v$  ist also proportional dem Effekt  $e \cdot i$  unter der Bedingung, dass der Motor keine Arbeit leistet.

Leistet der Motor dagegen Arbeit und zwar wird seine Anordnung so getroffen, dass der Anker von dem Spannungsstrom gespeist wird, das Feld  $N$  jedoch vom Nutzstrom  $i$  erzeugt wird, so ist die im Motor erzeugte Energie proportional der Stromstärke  $i$ , der Spannung  $e$  und der erzeugten Geschwindigkeit  $v$ . Wird diese Energie in Vorrichtungen verbraucht, die dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionale Kräfte absorbieren, so ist die Bilanzgleichung:

$$\begin{aligned} e \cdot i \cdot v &= k \cdot v^2 \\ e \cdot i &= k \cdot v \end{aligned} \quad (8)$$

wobei  $k$  eine Konstante ist. Auch hier ist die Geschwindigkeit  $v$  proportional dem Effekt  $e \cdot i$ , jedoch unter der Bedingung, dass der Motor Arbeit leistet, welche in geeigneten Vorrichtungen so absorbiert wird, dass die verbrauchte Arbeit dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist.

An den Gleichungen wird nichts geändert, wenn man statt Rotationen den Anker Oscillationen ausführen lässt.

Die nach vorstehenden Gleichungen (4, 5, 8) konstruierten Zähler müssen ohne weiteres für Gleich- und Wechselstrom verwendbar sein, wenn sie kein Eisen enthalten, da für letzteren die dynamische Wirkung nur von der Wattkomponente des Stromes abhängig ist. Für Wechselstrom wäre daher nur statt  $e \cdot i$  der Wert  $\hat{e} \hat{i} \cos \varphi$  zu setzen.

Gleichung (7) ist für die Konstruktion von Wechselstromzählern nicht verwendbar, da eine Differenzwirkung eines konstanten Feldes mit einem zweiten Felde angenommen wurde,

die nur durch ein stets gleichgerichtetes Feld erhalten werden kann.

Dagegen lässt sich für Wechselstromzähler eine weitere Methode verwenden, das Ferraris'sche Prinzip, die Wechselwirkung zweier in Phase verschobener Magnetfelder auf einen metallisch geschlossenen drehbar gelagerten Leiter. (Scheibe oder Cylinder.) Solche Zähler heissen im Gegensatz zu den vorher im Prinzip besprochenen dynamometrischen Zählern

„Induktionszähler“. Trifft man die Anordnung beispielsweise so, wie es die Figur 1 zeigt, wo  $S_H$  und  $S_N$  Magneten sind, welche vom Nutzstrom  $\hat{i}$ , resp. von einer dem Nutzspannung  $\hat{e}$  proportionalen Strom  $\hat{i}_N$  erregt werden, so ist das auf den Metallkörper  $M$  ausgeübte Drehmoment  $D$  proportional dem Pro-

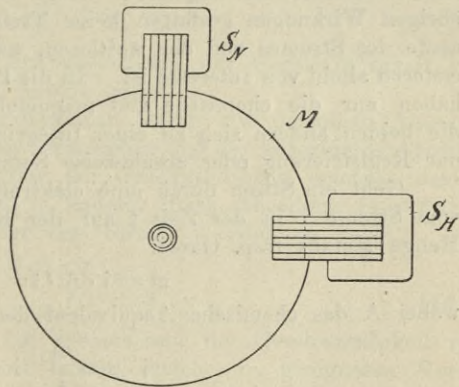
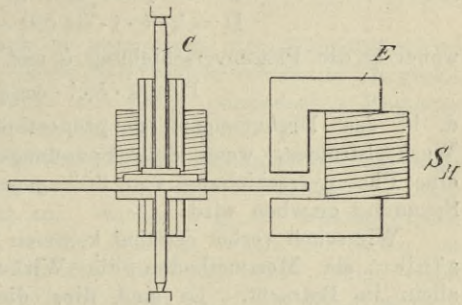


Fig. 1.

dukte  $\hat{i} \cdot \hat{i}_N \cdot \sin \varphi$ ; hierbei ist  $\varphi$  der Phasenverschiebungswinkel zwischen  $\hat{i}$  und  $\hat{i}_N$ . Ist  $\hat{e}$  mit  $\hat{i}_N$  in Phase, so ist:

$$D = k \cdot \hat{e} \cdot \hat{i} \cdot \sin(\hat{e}, \hat{i}). \quad (9)$$

Da nun aber die Leistung in einem Wechselstromnetz gleich ist dem Produkt  $\hat{e} \hat{i} \cdot \cos(\hat{e}, \hat{i})$ , so muss man, wollen wir mit einem solchen sogenannten Sinusmessgerät die Leistung



messen, dieses in ein Cosinummessgerät überführen. Man erreicht dies dadurch, dass gleich von vornherein dem Strome  $i_N$  der Spannungswicklung eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  gegen die ihn erzeugende Spannung gegeben wird. Es ist dann:

$$D = k \cdot \hat{e} \cdot \hat{i} \cdot \sin(90 - \varphi)$$

wobei  $\varphi$  die Phasenverschiebung  $\hat{e}$  und  $\hat{i}$  ist, oder:

$$D = k \cdot \hat{e} \cdot \hat{i} \cdot \cos \varphi \quad (10)$$

d. h. das Drehmoment ist proportional der Leistung des Wechselstromes, wenn dem Spannungsstrom von vornherein eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  gegen die ihn erzeugende Spannung gegeben wird.

Wie schon vorher erwähnt kommen für Ampèrestunden-zähler als Messmethoden die Wirkungen des Nutzstromes allein in Betracht. Es sind dies die chemischen, Wärme-, magnetelektrischen und elektromagnetischen Wirkungen. Alle auf Anwendung dieser Wirkungen beruhenden Methoden sind aber nur für Gleichstrom verwendbar. Die chemische Wirkung lässt Wechselströme wegen der Natur der Sache nicht zu, die übrigen Wirkungen gestatten keine Trennung der Wattkomponente des Stromes von der wattlosen, während die Messung der ersteren allein von Interesse ist. In die Praxis Eingang gefunden haben nur die chemische und magnetelektrische Methode, da die beiden andern sich zu einer Integrierung nicht eignen und nur Registrierung oder absatzweise Summierung zulassen.

Geht ein Strom durch eine elektrolytische Zelle, so ist die vom Strome  $i$  in der Zeit  $t$  auf der Kathode ausgeschiedene Menge Metalls resp. Gases:

$$m = i \cdot A \cdot t$$

wobei  $A$  das chemische Aequivalent der Substanz ist.

$$i \cdot t = \frac{m}{A} \quad (11)$$

d. h. die ausgeschiedene Menge Metalls oder Gases ist proportional der Ampèrestundenzahl.

Für die Anwendung der magnetelektrischen Wirkung des Stromes, d. h. der Wirkung auf einen permanenten Magneten sind wie bei den elektrodynamischen Wattstundenzählern wieder zwei Methoden gegeben und zwar Beeinflussung einer bestehenden Bewegung oder Erzeugung einer solchen. Wird für Pendelzähler die bewegliche Spannungsspule durch einen permanenten



Magneten ersetzt von der Feldstärke  $H$ , welche in den Gleichungen an Stelle von  $e$  tritt, so geht die Gleichung (4) über in:

$$z \cdot i = \frac{2C}{H} \cdot (z' - z) \quad (12)$$

d. h. der Stromverbrauch ist proportional dem Gangunterschied zweier mit gleichartigen physischen Pendeln versehener Uhrwerke, deren eines statt der Linse mit einem permanenten Magneten ausgestattet vom Nutzstrom beeinflusst wird.

Für die zweite Möglichkeit, magnetelektrische Wirkungen für Ampèrestundenzähler zu verwenden, gibt Gleichung (6) ohne weiteres den einen Weg an. Wieder möge die Gleichgewichtsgeschwindigkeit dann erreicht werden, wenn der Strom im Anker angenähert Null ist, also der Motor keine Arbeit leistet und die gegen elektromotorische Kraft  $e_g$  gleich der Klemmenspannung  $E$  ist. Sieht man nun von der Anbringung jener Spule die das Feld  $N_c$  erzeugt ab, ist also nur das konstante Feld  $N_c$  vorhanden, ferner sei  $E$  eine Funktion des Nutzstromes  $i$ , so ist:

$$f(i) = N_c \cdot \xi \cdot v. \quad (13)$$

d. h. der Nutzstrom ist proportional der Geschwindigkeit  $v$ , wenn der Motor keine Arbeit leistet.

Man kann jedoch denselben Motor mit derselben Anordnung zur Arbeitsleistung heranziehen und die absorbierte Arbeit proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit machen, dann lässt sich Gleichung (8) in anderer Form schreiben: ( $e = f(i)$ ,  $N_c$  entspricht dem früher vom Strome  $i$  erzeugten Felde.)

$$\begin{aligned} f(i) \cdot N_c &= k \cdot v \\ f(i) &= k' \cdot v \end{aligned} \quad (14)$$

d. h. der Nutzstrom ist proportional der Geschwindigkeit  $v$ , wenn der Motor Arbeit leistet, welche in geeigneten Vorrichtungen so verbraucht wird, dass die absorbierte Energie dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist.

Für Voltstundenzähler bleiben selbstverständlich alle Gleichungen bestehen, nur dass man nicht die Nutzströme sondern einen der Spannung proportionalen Strom wirksam verwendet.

Bei Gleichstrommehrleiteranlagen stösst man bei der Effektmessung auf keinerlei Schwierigkeiten, da sich diese stets in eine Anzahl Zweileiter zerlegen lassen und durch Anbringung mehrerer Spulen eine additive Wirkung leicht erreicht werden kann.

Dagegen muss man in Wechselstrommehrphasensystemen für eine vereinfachte Messung des Effekts einige Kunstgriffe anwenden, will man nicht zu grosse und schwere Messapparate erhalten. Von Wechselstrommehrphasensystemen benutzt man

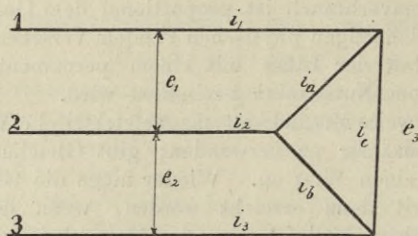


Fig. 2 a.

heute fast ausschliesslich den Dreiphasenstrom oder Drehstrom, auf welchen die Aufstellung der Effektgleichungen daher auch beschränkt werden soll.\*)

Dreiphasenstrom erhält man bekanntlich dann, wenn man drei Wechselstromquellen miteinander so verbindet, dass ihre

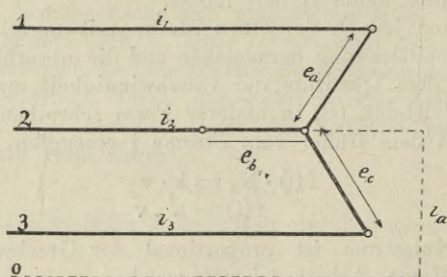


Fig. 2 b.

E. M. K.'e in der Phase um  $120^0$  gegeneinander verschoben sind, d. h. dass eine E. M. K. ihr  $+$  Maximum in einem Moment hat, in dem die andere E. M. K. ihrem  $-$  Maximum zustrebt, während die Dritte von ihrem  $-$  Maximum nach Null abfällt.

\*) s. Bauch. Z. f. E. u. M. 1899 und Möllinger E. T. Z. 1901.



Man unterscheidet zwei Arten von Schaltungen, die diesen drei Wechselstromkreisen gegeben werden kann: 1. Die Dreieck- ( $\Delta$ )Schaltung, bei der die sechs Enden dreier Nutzstromkreise miteinander paarweise verbunden werden, dass nur drei Leitungen angeschlossen werden können (Fig. 2<sup>a</sup>). 2. Die Stern-(Y)Schaltung (Fig. 2<sup>b</sup>), bei der die drei Verbrauchsstellen alle mit je einer Klemme zusammen in einem Punkte (Nullpunkt) verbunden sind, während die noch freie Klemme mit je einer Leitung verbunden ist. Ebensogut wie die Verbrauchsstellen kann man natürlich auch die Erzeuger in einer der angegebenen Schaltungen verbinden. Hat Generator und Verbrauchsapparate Y-Schaltung, so kann man die beiderseitigen Nullpunkte durch eine vierte (in Fig. 2<sup>b</sup> punktierte) Leitung miteinander verbinden und erhält ein sogenanntes Dreiphasensystem mit vier Leitungen. Dreieck und Sternschaltung können schliesslich auch kombiniert vorkommen. Man muss daher bei Aufstellung der Effektgleichungen darnach trachten, nur die überall zur Verfügung stehenden Grössen  $i_1, i_2, i_3$  und  $e_1, e_2, e_3$  zur Messung zu verwenden, da die Aufstellung des Messapparates nicht von der Lage der konsumierenden Apparate abhängig gemacht werden kann.

Bezeichnet man nun die Momentanwerte der Ströme und Spannungen folgendermassen:

Ströme in 1; 2; 3 bezw.  $i_1; i_2; i_3$ .

„ „ a; b; c bezw.  $i_a; i_b; i_c$ .

Spannungen 1,2; 2,3; 3,1; bezw.  $e_1; e_2; e_3$ .

„ 1,0; 2,0; 3,0; bezw.  $e_a; e_b; e_c$ .

so ist der elektrische Effekt zu einer bestimmten Zeit  $t$  für die in Fig. 2<sup>a</sup> gezeichnete  $\Delta$ -Schaltung:

$$E_t = i_a \cdot e_1 + i_b \cdot e_2 + i_c \cdot e_3. \quad (15)$$

Für die in Fig. 2<sup>b</sup> gezeichnete Y-Schaltung ohne Nulleiter:

$$E_t = i_1 \cdot e_a + i_2 \cdot e_b + i_3 \cdot e_c \quad (16)$$

Für  $\Delta$ -Schaltung gelten nun die folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} e_1 + e_2 + e_3 &= 0 \\ i_1 &= i_a - i_c \\ i_2 &= i_b - i_a \\ i_3 &= i_c - i_b. \end{aligned} \quad (15a)$$



Für Y-Schaltungen ohne Nulleiter

$$\begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 &= 0 \\ e_1 &= e_a - e_b \\ e_2 &= e_b - e_c \\ e_3 &= e_c - e_a \end{aligned} \quad (16a)$$

Setzt man in Gleichung (15) ein:  $e_3 = -e_1 - e_2$ , so ergibt sich:

$$\begin{aligned} \mathfrak{G}_{t\Delta} &= i_a e_1 + i_b e_2 - i_c \cdot (e_1 + e_2) \\ &= e_1 (i_a - i_c) + e_2 \cdot (i_b - i_c) \\ \mathfrak{G}_{t\Delta} &= e_1 i_1 - e_2 \cdot i_3. \end{aligned} \quad (17)$$

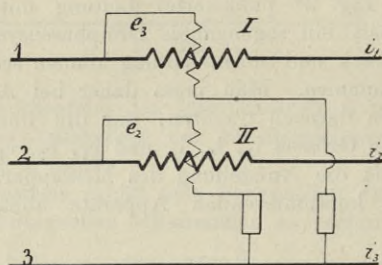


Fig. 3.

In Gleichung (15) eingesetzt:  $i_2 = -i_1 - i_3$ , so erhält man:

$$\begin{aligned} \mathfrak{G}_{tY} &= i_1 e_a - e_b \cdot (i_1 + i_3) + i_3 \cdot e_c \\ &= i_1 (e_a - e_b) + i_3 \cdot (e_c - e_b) \\ \mathfrak{G}_{tY} &= i_1 e_1 - i_3 e_2 \end{aligned} \quad (17a)$$

Diese Gleichung ist mit Gleichung (17) identisch, also sowohl für Dreieck- und Sternschaltung als auch für eine gemischte Schaltung zur Effektmessung zu verwenden.

Durch cyklische Vertauschung ergibt sich

$$\mathfrak{G}_t = e_2 i_2 - e_3 i_1 \quad (18)$$

und ferner

$$\mathfrak{G}_t = e_3 i_3 - e_1 i_2. \quad (19)$$

Durch Addition der Gleichung (17) und (18) erhält man

$$2 \mathfrak{G}_t = i_1 (e_1 - e_3) + e_2 (i_2 - i_3). \quad (20)$$

Addiert man dagegen Gl. (17, 18 u. 19), so ergibt sich

$$3 \mathfrak{G}_t = e_1 (i_1 - i_2) + e_2 (i_2 - i_3) + e_3 \cdot (i_3 - i_1) \quad (21)$$

oder

$$3 \mathfrak{G}_t = i_1 (e_1 - e_3) + i_2 \cdot (e_2 - e_1) + i_3 (e_3 - e_2) \quad (22)$$

Gleichungen (17), (18) und (19) rühren von Aron\*) her und ist die Schaltung schematisch in Fig. 3 dargestellt. Gleichungen (21) u. (22) wurden von Görges aufgestellt\*\*) und zeigt die Schaltung der ersteren schematisch Fig. 4.

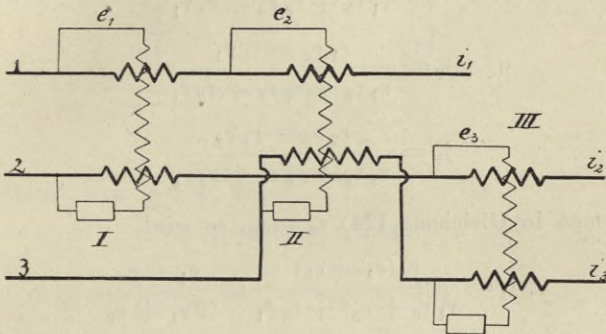


Fig. 4.

Addiert man zu Gleichung (19) und (22):

$$- e_1 i_3 + e_1 i_3 = 0$$

so erhält man für Gleichung (19):

$$\begin{aligned} \mathfrak{G}_t &= e_3 i_3 - e_1 i_3 + e_1 i_3 - e_1 i_2 \\ &= (e_1 - e_3) \cdot (-i_3) + e_1 \cdot (i_3 - i_2) \\ &= (e_1 - e_3) \cdot (i_1 + i_2) + e_1 \cdot (i_3 - i_2) \end{aligned} \quad (23)$$

und für Gleichung (22):

$$\begin{aligned} 3 \mathfrak{G}_t &= i_1 (e_1 - e_3) + i_3 \cdot e_3 - e_1 i_3 + i_2 \cdot (e_2 - e_1) - i_3 e_2 + i_3 e_1 \\ &= (i_1 - i_3) \cdot (e_1 - e_3) + (i_2 - i_3) \cdot (e_2 - e_1) \end{aligned} \quad (23a)$$

Diese letztere Gleichung sowie Gleichung (20) und (23) können dazu benützt werden, mit Hilfe von zwei Wattmetern den Drehstromeffekt zu messen, wenn man folgendes beachtet:

\*) D. R. P. 63350. E. T. Z. 1892 Heft 15.

\*\*) E. T. Z. 1891 S. 213.

Schaltet man drei induktionslose Widerstände  $r_1, r_2, r_3$  in Stern, wie Fig. 5 zeigt, so erhält man für die Ströme  $j$  in diesen Widerständen die Gleichungen

$$\begin{aligned} j_1 r_1 - j_2 r_2 &= e_1 \\ j_2 r_2 - j_3 r_3 &= e_2 \\ j_1 + j_2 + j_3 &= 0 \end{aligned}$$

und hieraus

$$j_1 = \frac{r_3 e_1 - r_2 e_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1} \quad (24)$$

$$j_2 = \frac{r_1 e_2 - r_3 e_1}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1} \quad (25)$$

$$j_3 = \frac{r_2 e_3 - r_1 e_2}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}$$

Setzt man in Gleichung (24)  $r_3 = r_2$ , so wird

$$j_1 = \frac{r_2 (e_1 - e_3)}{r_1 r_2 + r_2^2 + r_2 r_1} = \frac{e_1 - e_3}{2 r_1 + r_2} \quad (26)$$

Dies in Gleichung (20) eingesetzt, ergibt:

$$2 \mathcal{E}_t = i_1 j_1 (2 r_1 + r_2) + e_2 (i_2 - i_3) \quad (27)$$

d. h. der doppelte Drehstromeffekt wird erhalten durch Summieren der Angaben von zwei Wattmetern, wenn dieselben nach Fig. 6 geschaltet werden; bei dem oberen Wattmeter ist die Stromspule (I) vom Strome  $i_1$  durchflossen, die Spannungsspule von  $j_1$ , welcher Strom von dem Mittelpunkt eines zwischen die Leitungen 2 und 3 eingeschalteten Widerstandes  $2 r_2$  und der Leitung 1 abgenommen wird, das untere Wattmeter (II) hat zwei Stromspulen, deren eine von  $i_2$ , deren andere von  $i_3$  durchflossen wird; beide Stromspulen wirken mit einer zwischen die Leitungen 2 und 3 eingeschalteten Spannungsspule zusammen. Gleichung (27) nimmt die Form an:

$$2 \mathcal{E}_t = i_1 j_1 (2 r_1 + r_2) + i_2 j w - i_3 j w \quad (28)$$

wenn  $w$  der Widerstand der Spannungsspule des Wattmeters II ist. Die Schaltung Fig. 6 entsprechend Gleichung (28) wurde von *B a u c h* angegeben.



In ganz analoger Weise kann auch die Beziehung (23a) unter Verwendung von zwei Dynamometern benutzt werden, indem man Folgendes beachtet:

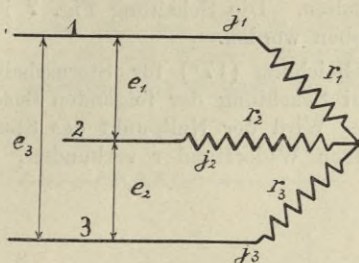


Fig. 5.

Macht man in Fig. 5:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r$$

so wird

$$3 r j_1 = e_1 - e_3; 3 r j_2 = e_2 - e_1; 3 r j_3 = e_3 - e_2$$

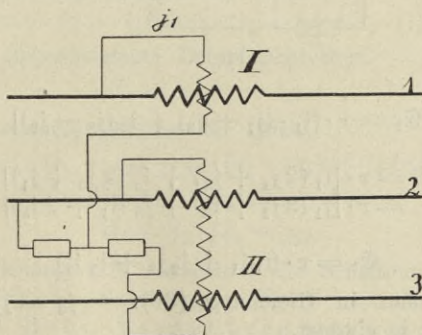


Fig. 6.

Gleichung (23a) erhält mit Rücksicht hierauf die Form:

$$\mathfrak{E}_t = [(i_1 - i_3) j_1 + (i_2 - i_3) j_2] r \quad (29)$$

d. h. der Effekt  $\mathfrak{E}$  wird erhalten durch Summieren der Angaben zweier Wattmeter mit je zwei Hauptstromspulen, welche

nach Fig. 7 geschaltet werden; die beiden Spannungsspulen, von denen jede mit zwei Stromspulen zusammen wirkt, sind dabei durch Vorschalten von bifilarem Widerstand je auf den Widerstand  $r$  zu bringen und mit dem bifilarem Widerstand  $r$  in Stern zu schalten. Die Schaltung Fig. 7 ist von Siemens & Halske angegeben worden.

Auch die Gleichung (17<sup>a</sup>) für Sternschaltung kann zur Effektmessung bei Beachtung der folgenden Bezeichnungen verwandt werden. — Wird der Nullpunkt des Sternes mit jeder Leitung durch einen Widerstand  $r$  verbunden, so ergibt sich

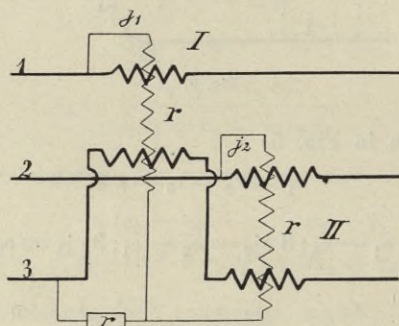


Fig. 7.

$$\mathcal{G}_t = r \cdot [i_1 \cdot (j_1 - j_2) + i_3 (j_3 - j_2)] \quad (30)$$

und hieraus

$$\begin{aligned} \mathcal{G}_t &= r \cdot [i_1 (2j_1 + j_3) + i_3 (2j_3 + j_1)] \\ &= r \cdot [j_1 (2i_1 + i_3) + j_3 (i_1 + 2i_3)] \end{aligned} \quad (31)$$

oder

$$\mathcal{G}_t = r \cdot (i_1 j_1 + i_2 j_2 + i_3 j_3) \quad (32)$$

je nachdem man in Gleichung (30):  $-j_2 = j_1 + j_3$  oder  $-i_1 - i_3 = i_2$  einsetzt.

Nach Gleichung (30) sind zwei Wattmesser erforderlich mit je einer Strom- und zwei Spannungsspulen. Nach Gleichung (31) kommt man mit einem Wattmeter aus, welches zwei Spannungsspulen und zwei Stromspulen hat, wobei jede Stromspule auf beide Spannungsspulen gleichzeitig einwirkt und zwar auf die eine doppelt so stark wie auf die andere. Die Gleichung (32) schliesslich erfordert drei Wattmeter.

Sämtliche Gleichungen sind selbstverständlich für dynamometrische und Induktionszähler verwendbar; nur muss man für letztere beachten, dass den Spannungsströmen von vorn herein eine Phasenverschiebung von  $90^0$  gegen die sie erzeugenden Spannungen gegeben wird.

Die Gleichungen für den Drehstromeffekt vereinfachen sich bedeutend, wenn die drei Phasen gleichmässig beansprucht sind, wie es bei Belastung mit Motoren der Fall ist.

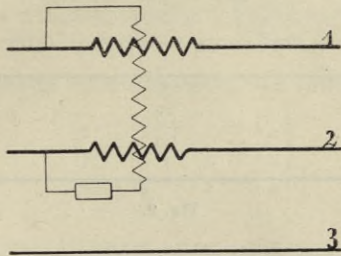


Fig. 8.

Nach Gleichung (21) ist der Effekt:

$$3 \mathcal{E}_t = e_1 \cdot (i_1 - i_2) + i_2 \cdot (i_2 - i_3) + i_3 \cdot (i_3 - i_1)$$

oder für das gleichbelastete Dreiphasensystem.

$$\mathcal{E}_t = e_1 (i_1 - i_2) \quad (33)$$

Nach Gleichung (22) ist der Effekt:

$$3 \mathcal{E}_t = i_1 \cdot (e_1 - e_3) + i_2 \cdot (e_2 - e_1) + i_3 (e_3 - e_2)$$

oder für das gleichbelastete Dreiphasensystem.

$$\mathcal{E}_t = i_1 \cdot (e_1 - e_3) \quad (34)$$

Der Gleichung (33) entspricht die Schaltung Fig 8, der Gleichung (34) die Schaltungen Fig. 9 und 10, welche von G ö r g e s und B e h n - E s c h e n b e r g herrühren.

Es erübrigt nur noch die Effektleichungen für ein Dreiphasensystem mit vier Leitungen aufzustellen.\*)

Für dieses gilt, wenn der Index „' " die entsprechenden Ströme und Spannungen für das Dreiphasensystem mit Nullleiter und  $i_0$  der Strom in letzterem bezeichnen möge:

\*) S. Aron E. T. Z. 1901 Heft 10 und Stern E. T. Z. 1901 Heft 12.



$$\begin{aligned} \mathcal{E}'_t &= i'_1 \cdot e'_a + i'_2 \cdot e'_b + i'_3 e'_c & (35) \\ e_1 &= e'_b - e'_a \\ e_2 &= e'_c - e'_b \\ e_3 &= e'_a - e'_c \\ e'_a + e'_b + e'_c &= 0 \end{aligned}$$

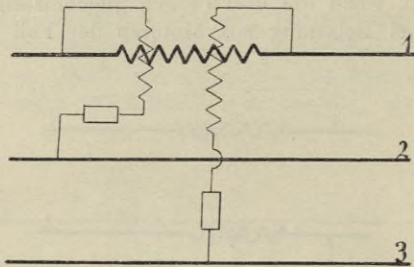


Fig. 9.

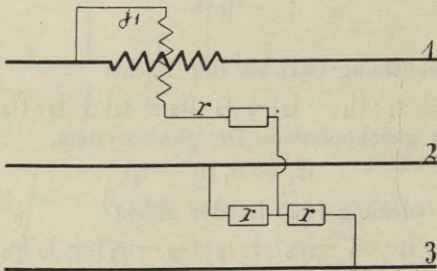


Fig. 10.

Hieraus folgt:

$$e_3 - e_1 = 2 e'_a - e'_b - e'_c = 3 e'_a$$

$$e'_a = \frac{e_3 - e_1}{3}$$

$$e'_b = \frac{e_1 - e_2}{3}$$

$$e'_c = \frac{e_2 - e_3}{3}$$

Gleichung (35) kann also umgeformt werden in:

$$3 \mathcal{E}'_t = e_1 \cdot (i'_2 - i'_1) + e_2 \cdot (i'_3 - i'_2) + e_3 \cdot (i'_1 - i'_3) \quad (36)$$

Diese Gleichung ist in ihrem absoluten Werte identisch mit der Gleichung (21) für Dreiphasenstrom ohne Nulleiter und man kann unter Berücksichtigung der Vorzeichen und der Annahme, das  $E_t = E'_t$ , also die in beiden Systemen übertragene Leistung gleich ist, schreiben:

$$\begin{aligned} & e'_1 \cdot (i'_2 - i'_1) + e_2 \cdot (i'_3 - i'_2) + e_3 \cdot (i'_1 - i'_3) \\ & = e_1 \cdot (i_2 - i_1) + e_2 (i_3 - i_2) + e_3 (i_1 - i_3) \end{aligned} \quad (37)$$

Diese Gleichung wird allgemein nur erfüllt, wenn

$$\left. \begin{aligned} i_1 - i_3 &= i'_1 - i'_3 \\ i_2 - i_1 &= i'_2 - i'_1 \\ i_3 - i_2 &= i'_3 - i'_2 \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

Nun ist:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0; i'_1 + i'_2 + i'_3 + i_0 = 0 \quad (39)$$

Man kann setzen

$$\left. \begin{aligned} i_1 - \frac{i_0}{n_1} &= i'_1 \\ i_2 - \frac{i_0}{n_2} &= i'_2 \\ i_3 - \frac{i_0}{n_3} &= i'_3 \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

$$\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3} = 1 \quad (41)$$

wodurch Gleichung (39) erfüllt bleibt.

Führt man in Gleichungen (38) die Gleichungen (40) ein, so erhält man:

$$\begin{aligned} 0 &= i_0 \cdot \left( \frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_3} \right) \\ 0 &= i_0 \cdot \left( \frac{1}{n_2} - \frac{2}{n_1} \right) \\ 0 &= i_0 \cdot \left( \frac{1}{n_3} - \frac{1}{n_2} \right) \end{aligned}$$

Da  $i_0$  im allgemeinen von 0 verschieden ist, muss sein

$$\frac{1}{n_1} = \frac{1}{n_2} = \frac{1}{n_3}$$

und mit Rücksicht auf Gleichung (41)

$$\frac{1}{n_1} = \frac{1}{n_2} = \frac{1}{n_3} = \frac{1}{3}$$

Hieraus folgt nach Gleichung (40);

$$\left. \begin{aligned} i_1 - \frac{i_0}{3} &= i'_1 \\ i_2 - \frac{i_0}{3} &= i'_2 \\ i_3 - \frac{i_0}{3} &= i'_3 \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Formt man mit Hilfe dieser Gleichungen die Gleichungen (17), (18), (19), (23), (23a) und (27) um, so erhält man die folgenden Formeln:

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{E}'_t &= e_1 \left( i'_1 + \frac{i_0}{3} \right) - e_2 \cdot \left( i'_3 + \frac{i_0}{3} \right) \\ &= e_2 \left( i'_2 + \frac{i_0}{3} \right) - e_3 \cdot \left( i'_1 + \frac{i_0}{3} \right) \\ &= e_3 \left( i'_3 + \frac{i_0}{3} \right) - e_1 \cdot \left( i'_2 + \frac{i_0}{3} \right) \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

$$\mathfrak{E}_t = (e_1 - e_3) \cdot \left( i'_1 + i'_2 + \frac{2i_0}{3} \right) + e_1 \cdot (i'_3 - i'_2) \quad (44)$$

$$\mathfrak{E}_t = (e_3 - e_1) \cdot \left( i'_3 - \frac{i_0}{3} \right) + e_1 \cdot (i'_3 - i'_2) \quad (44a)$$

$$3 \mathfrak{E}'_t = (i'_1 - i'_3) \cdot (e_1 - e_3) + (i'_2 - i'_3) \cdot (e_2 - e_1) \quad (45)$$

$$2 \mathfrak{E}'_t = j_1 \cdot (2r_1 + r_2) \cdot \left( i'_1 + \frac{i_0}{3} \right) + e_2 \cdot (i'_2 - i'_3) \quad (46)$$

Es ist ersichtlich, dass Formel (45) die einzige ist, die bei der Transformation ungeändert bleibt. Apparate, die auf



Grund dieser Gleichung aufgebaut sind, messen also Drehstrom sowohl in Vierleiter- wie in Dreileiteranlagen richtig. —

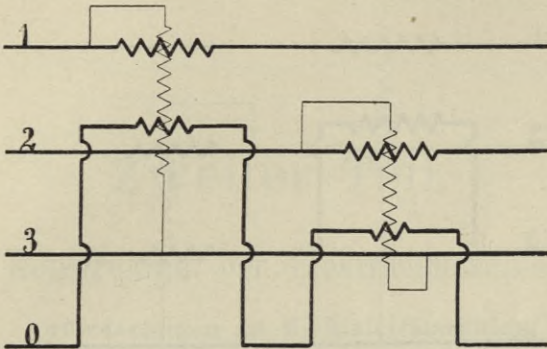


Fig. 11.

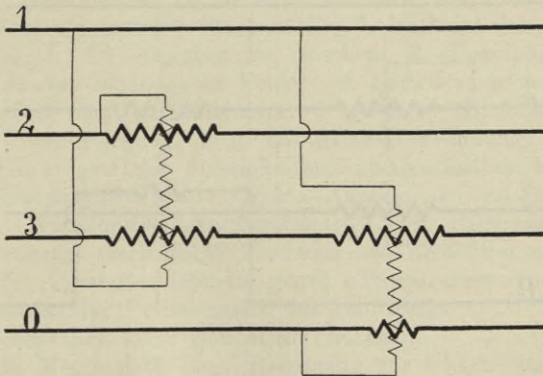


Fig. 12.

Sämtliche Gleichungen (43 ÷ 46) führen zur Konstruktion von Messapparaten für Drehstromsysteme mit Nulleiter.

Die den Gleichungen (43 — 46) entsprechenden Dynamometerschaltungen zeigen Figuren 11 — 14 und zwar wurden

die Schaltungen Fig. 11 und 13 zuerst von Aron angegeben, diejenigen der Figuren 12 und 14 sind Gegenstand eines

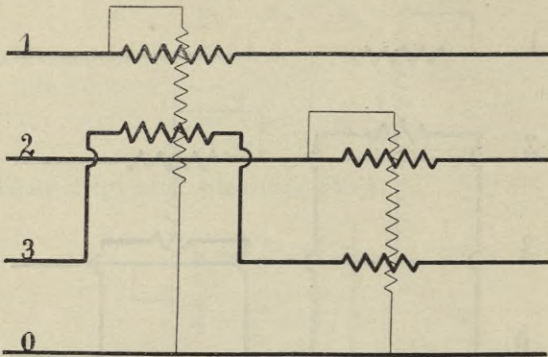


Fig. 13.

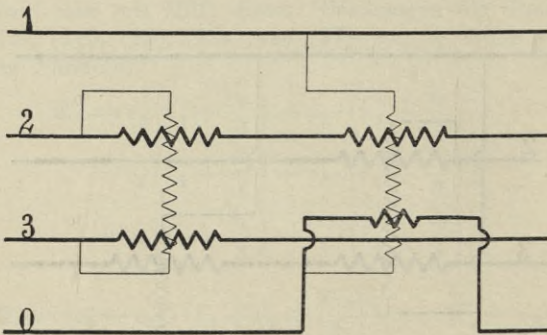


Fig. 14.

Patentes der Union E.-G. und wurde von G. Stern gefunden.

## Zweiter Teil.

### Konstruktion der Elektrizitätszähler.

#### Anforderungen an Elektrizitätszähler.\*)

Die Anforderungen, welche an einen brauchbaren Elektrizitätszähler gestellt werden können, sind sehr zahlreich und lassen sich folgendermassen zusammenstellen.

1. Genauigkeit; 2. sicheres Funktionieren; 3. dauerhaft; 4. Anlauf bei geringer Stromstärke; 5. lautloser Gang; 6. Unmöglichkeit, die Angaben zu fälschen; 7. Unempfindlichkeit gegen äussere magnetische Felder; 8. Reduzierung der beweglichen Teile auf ein Minimum; 9. geringer Kraftbedarf; 10. keine Uhrenbewegung, möglichst keine Verwendung von dem Gefrieren ausgesetzten Flüssigkeiten, von Quecksilber, Kontakten und Kommutatoren; 11. direkte Anzeige der zu messenden Grösse (Wattstunden, Ampèrestunden); 12. Unempfindlichkeit gegen äussere mechanische Einflüsse wie Erschütterungen; 13. 14. 15. Unempfindlichkeit gegen Temperaturveränderungen, Änderungen der Periodenzahl, des Luftdrucks.

Schliesslich kann man noch verlangen:

16. Möglichkeit einer Benutzung für Gleich- und Wechselstrom, womöglich für Zwei- und Mehrleiteranlagen; 17. Möglichkeit einer schnellen Kontrolle der Angaben und 18. geringe Anschaffungskosten.

Man erkennt daher, dass diese grosse Zahl Forderungen nur sehr schwierig zu erfüllen sind. Für die Schwierigkeit der Aufgabe spricht wohl am meisten die grosse Anzahl von ver-

---

\*) S. Ecl. él. Bd. 12. Les compteurs d'électricité par T. P. Wilmshurst



schiedenen Typen, welche im Laufe der Zeit entstanden sind und zum Teil von den hervorragenden Vertretern der Elektrotechnik herrühren. Die hauptsächlichste Ursache dieser grossen Schwierigkeiten liegt darin, dass sich die Anforderungen in gewissem Sinne widersprechen, z. B. bedingt die Forderung 9, dass der Zähler nur geringe Energie verbraucht, eine zarte und leicht bewegliche Konstruktion der Triebwerke. Die Praxis verlangt demgegenüber möglichste Unempfindlichkeit gegen äussere mechanische Einflüsse beim Transport und Montage.

Eine grosse Anzahl der oben genannten Anforderungen muss für jede Konstruktion unbedingt erfüllt sein:

1. Die Angaben eines Zählers dürfen innerhalb seines gesamten Messbereiches nur um wenige Prozente von der wirklichen zu messenden Grösse abweichen. Diese im Verkehr zulässigen Fehlergrenzen der Elektrizitätszähler sind durch die Ausführungsbestimmungen zum Gesetz betreffend die elektrischen Masseinheiten (s. Anhang) vom Bundesrat, wie folgt, festgesetzt worden\*):

#### Gleichstromzähler.

- a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige nach oben oder unten von dem wirklichen Verbrauche darf bei einer Belastung zwischen dem Höchstverbrauche, für welchen der Zähler bestimmt ist, bis zu dem zehnten Teile desselben nirgends mehr betragen als sechs Tausendtel dieses Höchstverbrauchs, vermehrt um sechs Hundertel des jeweiligen Verbrauchs und ferner bei einer Belastung von ein Fünfundzwanzigstel des obigen Höchstverbrauchs nicht mehr als zwei Hundertel des letzteren.

Auf Zähler die in Lichtenanlagen verwendet werden, finden diese Bestimmungen nur insoweit Anwendung, als die anzuzeigende Leistung nicht unter 30 Watt sinkt.

- b) Während einer Zeit in welcher kein Verbrauch stattfindet, darf der Vorlauf oder der Rücklauf des Zählers nicht mehr betragen, als einem halben Hundertel seines oben bezeichneten Höchstverbrauchs entspricht.

---

\*) S. Prüfordnung für elektr. Messgeräte. Berlin 1902. (J. Springer.)

## Wechselstrom- und Mehrphasenzähler.

Für diese gelten dieselben Bestimmungen wie unter 1, jedoch mit der Massgabe, dass, wenn in der Verbrauchsleitung zwischen Spannung und Stromstärke eine Verschiebung besteht, der nach 1a ermittelte Fehler in Hundertel des jeweiligen Verbrauchs umgerechnet und der entstehenden Zahl der Hundertel die doppelte trigonometrische Tangente des Verschiebungswinkels hinzugefügt wird. Dabei bedeutet der Verschiebungswinkel den Winkel, dessen Cosinus gleich dem Leistungsfaktor ist. Alle zur Berechnung der Fehler dienenden Grössen sind mit dem gleichen Vorzeichen zu nehmen.

2. und 3. Die Angaben dürfen sich weder durch längeren Gebrauch noch durch etwaiges Verschmutzen ändern. Es ist daher stets die Anbringung staubdichter Gehäuse erforderlich. Die Verwendung von Phosphorbronze und Silber verdient vor Stahl und Eisen den Vorzug, da letztere zu leicht dem Rosten ausgesetzt sind.

4. Man verlangt von den Zählern, dass sie auch den kleinsten Stromverbrauch registrieren oder wenigstens bei  $\frac{1}{50}$  des Kapazitätsmaximums mit Sicherheit anzeigen. Um jedoch diese Empfindlichkeit zu erhalten, müssen für viele Zähler besondere Vorrichtungen eingebaut werden, welche die in den Triebwerken stets auftretende Reibung kompensieren.

6. Um einer Fälschung der Angaben durch Zufall oder Böswilligkeit vorzubeugen, ist das Gehäuse stets so zu konstruieren, dass Bleisiegel angelegt werden können.

10. Ein vorhandenes Uhrwerk kann dadurch leicht zu Irrtümern Anlass geben, dass ein Wiederaufziehen vergessen wird. Quecksilber kann durch seine Dämpfe oder durch direkte Einwirkung die Organe des Zählers beschädigen. Kontakte und Kommutatoren verursachen oft durch unvollkommenen Stromschluss infolge von Staub oder Metalloxyd Fehler in den Angaben des Apparates.

11. Die Bedingung, dass der Apparat auch den wirklichen Verbrauch anzeigt, ist besonders wichtig für Wechselstromzähler. Wilmshurst giebt einen Fall an, wo ein Wechselstromzähler nicht nur weniger zeigte bei einer Bogenlampenbelastung, sondern auch bei Einschaltung einer genügenden Selbstinduktion rückwärts lief.



Die übrigen obengenannten Anforderungen bedürfen keiner besonderen Begründung, insbesondere, da sie sich für moderne Zähler leicht erfüllen lassen.

Wie bereits im ersten Teile erwähnt, kann man die Zähler einteilen in: 1. Wattstundenzähler; 2. Ampèrestundenzähler; 3. Elektrizitätszeitähler. Oder man berücksichtigt die mechanischen Hilfsmittel und unterscheidet: A. registrierende Instrumente, B. Instrumente mit absatzweiser Summierung, C. Integrierende Instrumente. — Bei der letzteren Gruppe kann man unterscheiden je nach den benutzten Wirkungen der Ströme: 1. Elektrochemische Zähler, 2. Pendelzähler, 3. Motorzähler (elektromagnetische und elektrodynamische), 4. Motorzähler (nach Ferrarischem Prinzip, sogenannte Induktionszähler), 5. Oscillierende Zähler, 6. Zeitähler. — Je nach ihrer Verwendung in der Praxis kennt man noch Strassenbahnzähler, Batteriezüher, Zähler für verschiedenen Tarif, Zählerautomaten etc., welche als besondere Konstruktion in einem Abschnitt behandelt werden sollen.

## A. Registrierende Instrumente.

Bei den registrierenden Instrumenten wird der jeweilige Energie- oder Stromverbrauch resp. die Spannung fortlaufend auf einem Papierstreifen markiert, welcher durch ein Uhrwerk vorwärts bewegt wird. Die Fläche unter der markierten Kurve stellt dann den Gesamtwatt- und Stromverbrauch dar und zwar je nach dem Massstab in Wattstunden, Kilowattstunden oder Ampèrestunden. Die registrierenden Zähler bestehen also im wesentlichen aus zwei Teilen, dem die elektrische Grösse messenden Instrument mit der Schreibvorrichtung und einem Uhrwerk, das den zur Aufzeichnung der gemessenen Werte dienenden Papierstreifen vorwärts bewegt. Die Aufzeichnung der gemessenen Werte kann entweder mechanisch oder photographisch erfolgen. Die letztere Methode hat jedoch für in der Praxis verwandte Instrumente fast keine Anwendung gefunden, da sie teuer ist und eine besondere Beleuchtungseinrichtung erfordert. Sie hat dagegen den Vorzug, keinerlei Energie zu beanspruchen und schliesst Fehler durch Reibung eines Schreibstiftes auf dem Papier aus.

Die Konstruktion guter mechanischer Registriervorrichtungen erfordert viel Sorgfalt, weil meistens bei den Instrumenten,



bei denen sie angewendet werden sollen, nur eine sehr kleine Richtkraft zur Verfügung steht und daher die Reibung der Feder oder eines Stiftes auf dem Papier ein fehlerfreies Funktionieren leicht beeinträchtigen kann.

Um die Reibung auf ein Minimum zu reduzieren, lässt man einen am Zeiger des Messinstruments angebrachten feinen Stift über ein berusstes Papier so gleiten, dass derselbe nur ganz fein die Schreibfläche berührt, oder man lässt die Kurve durch eine mit Tinte gefüllte Feder oder leichten Heber sich auf weisses Papier aufzeichnen. Lässt man einen solchen Stift oder Feder stets auf dem Papier gleiten, so erhält man eine fortlaufende Kurve. Die Angaben können aber durch zu grosse Reibung fehlerhaft sein. Die Genauigkeit lässt sich dadurch erhöhen, dass man den Schreibstift nicht fortwährend, sondern

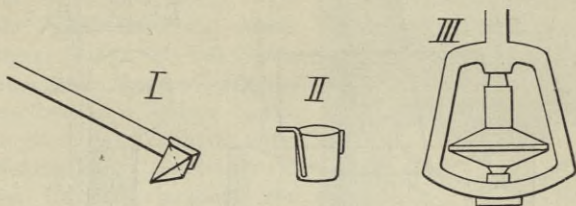


Fig. 15.

nur in kurzen Zwischenräumen mit dem Papier in Berührung bringt, d. h. die zum Schreiben erforderliche Kraft von aussen zuführt und erhält dann eine aus Punkten zusammengesetzte Kurve.

Fig. 15 zeigt verschiedene Ausführungsformen von Schreibstiften. I ist eine Feder, wie sie Richard Frères, Paris anwendet; sie hat die Form einer auf einer Seite offenen dreiseitigen Pyramide; die auf dem Papier gleitende Spitze ist etwas gespalten, so dass die Tinte durch Kapillarwirkung fliesst. Die Dittmarsche Feder (II in Fig. 15) beruht auf der Wirkung eines Hebers. An einem mit einem Schnabel versehenen Gefäss ist ein Kapillarrohr befestigt, welches bis zum Boden des Gefässes reicht. Die dritte Form hat die geringste Reibung. Sie besteht aus einer in einem Rahmen drehbar gelagerten porösen Scheibe. Letztere wird durch die im Rahmen enthaltene Tinte durchtränkt und verzeichnet auf dem Papier rollend die Kurve.

Für eine punktweise Aufzeichnung der Kurven ist ein Farbschreiber nicht unbedingt erforderlich, die Punkte können durch direkte mechanische Eindrücke auf dem Papier hervorgerufen werden oder der mechanische Eindruck erzeugt in Verbindung mit einem Farbband einen Punkt.

Letztere Methode wird bei dem Siemens & Halskeschen Universalregistrierinstrument angewandt, dessen wesentliche Teile aus den Fig. 16 und 17 hervorgehen.\*)

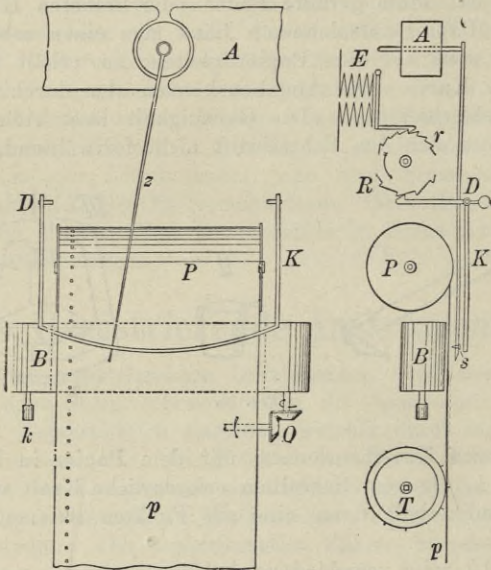


Fig. 16 und 17.

Hierin bedeutet A ein Messinstrument irgend welcher Art, an dessen Zeiger z unten ein Stift s befestigt ist. Dieser Stift hat einen kleinen Abstand von dem Registrierpapierstreifen, sodass der Zeiger sich vollkommen frei einstellen kann. Über dem Zeiger ist Klopfer K um D drehbar gelagert. Dieser Klopfer wird nun durch das Steigrad R, welches mit einem gezahnten Sperrrade r auf derselben Achse sitzt, mit Hilfe des Elektromagneten E gehoben und fällt alle zwei Sekunden gegen

\*) S. E. T. Z. 1897. Heft 13. Dr. Raps, Über ein Universalregistrierinstrument von Siemens & Halske.



den Stift des Zeigers. Sofort wird der Klopfer aber wieder abgehoben, sodass der Zeiger vollkommen frei einspielen kann. Der Stift würde auf dem Papierstreifen p, welcher von der Rolle P durch das Stiftenrad T abgerollt wird, kaum sichtbare Zeichen hinterlassen; deshalb ist eine besondere Färbvorrichtung angebracht. Diese besteht aus einem Farbband B, welches sich unter dem Papierstreifen p befindet; durch den Schlag des Stiftes entsteht ein intensiv gefärbter Punkt auf der Rückseite des Papiers, welcher aber, da das Papier durchsichtig ist, sehr gut von der hinteren Seite gesehen wird. Die Punkte verschwimmen, da sie sehr nahe an einander liegen, zu gut definierten Linien.

Das Farbband würde sich nun sehr bald abnutzen, wenn der Zeiger, wie z. B. bei Spannungsmessungen, längere Zeit nahe an demselben Orte stehen bleibt. Deshalb wird das Farbband unter Vermittelung der Zahnräder O von dem Uhrwerk langsam von links nach rechts bewegt, sodass immer andere Stellen des Bandes unter den Zeigerstift kommen. Die Länge und die Geschwindigkeit des Bandes ist so bemessen, dass es ganz auf der rechten Rolle aufgerollt ist, wenn der Papierstreifen p abgelaufen ist, was trotz der sehr häufigen Registrierung nur alle acht Tage erfolgt.

Wenn ein neuer Papierstreifen eingelegt wird, rollt man das Band mittels der Kordelschraube k auf die linke Rolle zurück und das Spiel beginnt von neuem.

Man kann die Registrierungen durch den durchsichtigen Streifen sehr gut erkennen, ebenso die Teilung auf dem Streifen. Wenn der Streifen abgeschnitten wird, was beliebig oft erfolgen kann, ohne dass die Registriervorrichtung angehalten zu werden braucht, kann man den Streifen umdrehen und nun auf der vorderen Seite, auf welcher sowohl die Zeit- und Wertmarken,

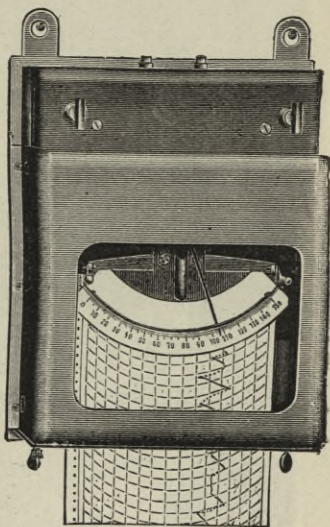


Fig. 18



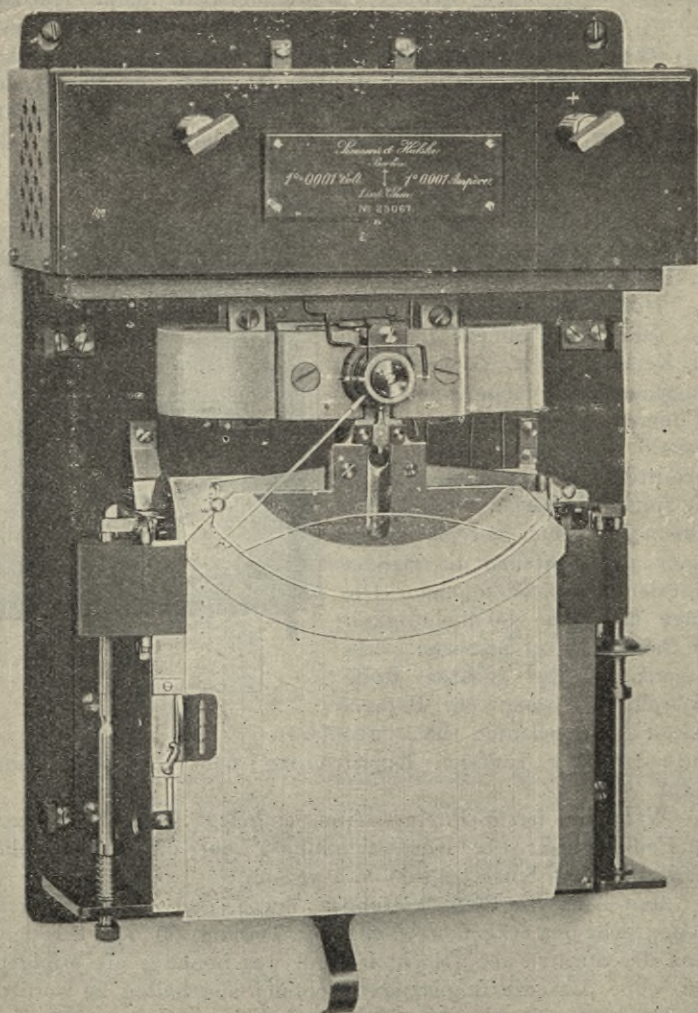


Fig. 19.

als auch die Registrierungen richtig aufgedruckt sind, die genaue Ablesung machen. Damit man die Zahlen, welche durch das Papier hindurch wie ein Spiegelbild, umgedreht erscheinen,

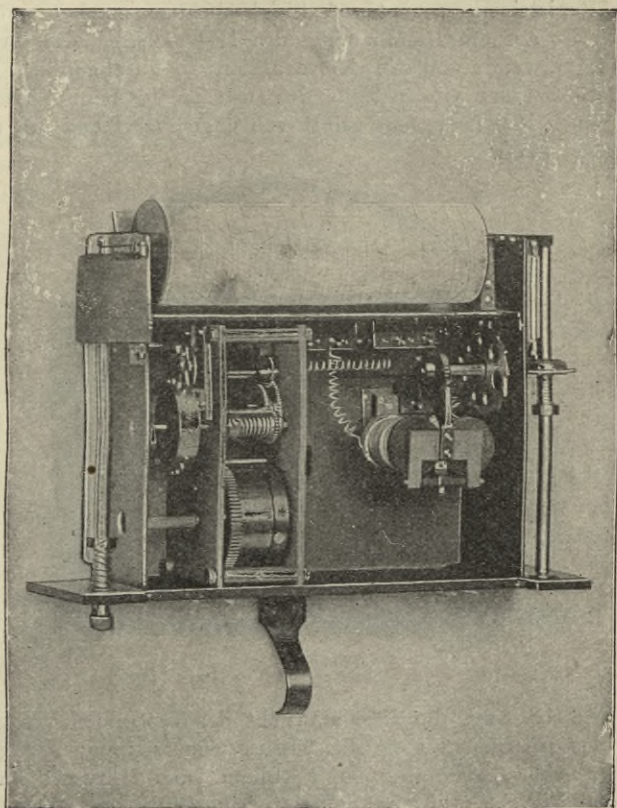


Fig. 20.

gut ablesen kann, sind dieselben nochmals auf der rechten Seite richtig angebracht.

Der Antrieb der Registriervorrichtung kann in Gleichstromanlagen von nicht mehr als 150 Volt durch die Betriebsspannung erfolgen, wenn diese hinreichend konstant ist. Anderen-



falls empfiehlt es sich, für den Antrieb einen Satz Trockenelemente zu benutzen.

Es ist selbstverständlich, dass die geringste Verbiegung des Zeigers beim Einsetzen eines neuen Papierstreifens ein feines Registrierinstrument sofort unbrauchbar machen würde; deshalb ist auf die Handhabung des Instrumentes die grösste Sorgfalt verwandt und die Konstruktion so durchgeführt, dass ein Berühren der vitalen Teile des Instrumentes beim Einsetzen eines neuen Papierstreifens selbst von ungeübter Hand gar nicht geschehen kann.

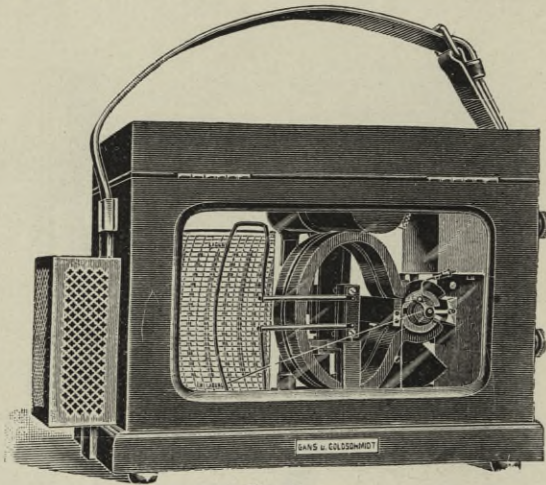


Fig. 21.

Fig. 18 zeigt die Gesamtansicht des Instruments, Fig. 19 zeigt das Instrument ohne die äussere Schutzkappe; der ganze Teil, welcher die Papierrolle, Farbband und Uhrwerk enthält und den Fig. 20 teilweise aufgebrochen zeigt, kann durch Anfassens des unten befindlichen Federhakens aus dem Apparate herausgezogen werden, ohne dass irgend eine Verletzung des Zeigers vorkommen kann. Jetzt kann man sehr bequem eine neue Papierrolle einsetzen, deren Lochreihe mit den Zähnen des Transportrades in Eingriff gebracht wird.

Eine punktweise Aufzeichnung der Kurve, jedoch ohne Benutzung eines Farbbandes, verwenden Gans & Goldschmidt bei ihren in Fig. 21 dargestellten Instrumenten. Der frei



schwingende Zeiger des Ampère-, Volt- oder Wattmessers ist mit einem scharfen Markierstift versehen, damit die einzelnen Punkte genau abgelesen werden können. Für gewöhnlich ist dieser Stift ein hochglanzpolierter Stahlkonus, welcher unter einem bestimmten Winkel angeschliffen, scharf genug ist, um deutliche Punkte erkennen zu lassen, anderseits indessen nicht so spitz, dass er im Papier stecken bleiben könnte.

In besonderen Fällen ist an Stelle des Stahlstiftes ein Bronzestift angewandt, welcher, auf besonders präpariertes Papier gedrückt, schwarze Punkte aufzeichnet. Auch dieser Stift wird periodisch gegen den Registrierstreifen gedrückt.

Der letztere sitzt auf einer Schreibtrommel, welche je nach dem Zwecke, welchem das Instrument dienen soll, in 2—24 Stunden eine Umdrehung macht. Die Befestigung des Registrierstreifens, dessen Skala vollkommen proportionale Teilung hat, geschieht durch Unterklemmen unter eine Bandfeder. — Die Andrückung des Zeigers erfolgt elektromagnetisch mittelst eines Andrückbügels. Die periodische Einschaltung dieses Bügels wird von einer geeigneten Achse des Trommel bewegenden Uhrwerkes aus automatisch herbeigeführt. Die Uhrwerke sind sämtlich mit Anker-Echappements versehen, der Eingriff der Trommelachse erfolgt stets unmittelbar vom Federhaus aus, so dass man die grösste Kraft des Werkes auf die wirksame Achse ausübt. Die Trommelachse steht im allgemeinen vertikal und ist mit Stützzapfen ausgebildet. Die Schreibtrommeln werden nur sanft auf den Konus der Achse aufgesetzt und durch Reibung gehalten.

Direkte Farbschreiber kann man bei solchen Instrumenten verwenden, bei denen es möglich ist, bei gleicher Grösse ein stärkeres Drehmoment zu erzielen, wie beispielsweise bei Induktions-Wattmetern. Ein solches Instrument wird von der A. E. G. gebaut. Der Papierstreifen desselben geht über zwei Rollen, die von einem Uhrwerk so angetrieben werden, dass der Streifen, der ungefähr 44 cm verfügbare Länge hat, in einem Tage abläuft. Das Aufziehen eines neuen Streifens geschieht dadurch, dass die Enden über den Rollen zusammengeklebt werden.

Die bisher beschriebenen Instrumente erfordern für die Registrierstreifen ein krummliniges Koordinatensystem. Hartmann & Braun führt nun die drehende Bewegung der Messinstrumente durch geeignete Übertragungsmechanismen in

eine geradlinige über, wodurch es ermöglicht wird, rechtwinklige kartesische Koordinaten zu verwenden. Fig. 22 zeigt

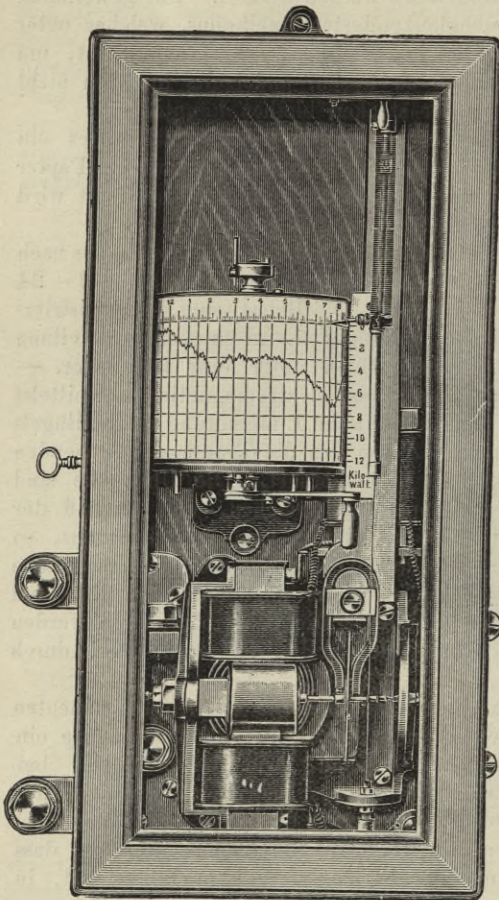


Fig. 22.

ein registrierendes

Wattmeter für

Wechselstrom,

dessen Messinstru-

ment auf demsel-

ben Konstruktions-

prinzip wie der

später beschriebene

Wattstundenzähler

der Firma beruht.

Das Drehmoment

wird durch ein

Drehfeld von einer

Hauptstrom- und

zwei Nebenschluss-

spulen in einer

leicht gelagerten

Aluminiumtrommel

erzeugt und durch

geeignete Über-

setzung in ein gleich-

es Drehmoment

von kleinerem He-

belarm und grösse-

rer Kraft umge-

setzt, wodurch so-

wohl eine genauere

Aufzeichnung und

Registrierung, als

auch ein gleich-

mässiger Skalen-

verlauf erzielt wird.

Die Benutzung

Kohlransch'scher

Federgalvanometer

gestattet die Aufzeichnung auf geradlinigen Koordinaten ohne

besondere Übertragungsmechanismen. Fig. 23 zeigt ein solches

kombiniertes Registrierinstrument für Strom- und Spannungsmessung

für Schalttafeln mit regulierbarer Luftdämpfung der



Firma Hartmann & Braun A.-G. Die Instrumente können auch freistehend für die Aufstellung im Bureau des Chefs von Elektrizitätswerken mit auslegbaren

Metallfüßen versehen werden; allerdings muss hierbei auf die regulierbare Luftdämpfung verzichtet werden.

Man führt die Registrierinstrumente meist so aus, dass sie auch eine direkte Ablesung des augenblicklichen Strom- oder Energieverbrauchs gestatten. Die Auswertung der Kurven des Registrierstreifens geschieht meist mittels einer jedem Instrumente beigegebenen Glasskala.

Für alle Instrumente ist, um sie gegen Stromstöße und starke Schwankungen unempfindlicher zu machen und aperiodische Einstellung zu erzielen, starke Dämpfung unerlässlich. Man findet daher oft magnetische und Luft-Dämpfung vereint.

Die Registrierinstrumente werden insbesondere in den Zentralen verwendet, um die jeweilige Belastung graphisch fest-

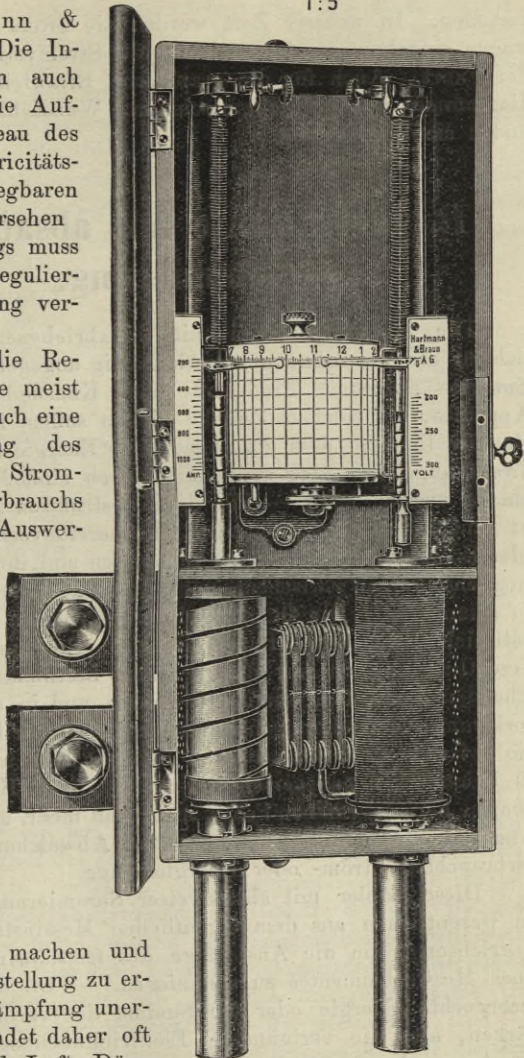


Fig. 23.



zustellen. In neuerer Zeit werden sie öfters in Strassenbahnen eingebaut zur Aufzeichnung der Stromverhältnisse während der Fahrt. Auch für die graphische Ermittlung des Arbeitsdiagrammes an Werkzeugmaschinen, Webstühlen, Kranen usw. finden sie Verwendung.\*)

## B. Instrumente mit absatzweiser Summierung.

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Zähler eignen sich für die Verrechnung gewerbsmässig abgegebener elektrischer Energie zwischen Produzent und Konsument nicht. Für Apparate, die solchem Zwecke dienen sollen, ist die Forderung Hauptbedingung, dass die abgegebene Energie oder Strommenge direkt abgelesen oder wenigstens durch einfache Rechnung gefunden werden kann. — Für die Konstruktion solcher Apparate ist zunächst das Naheliegendste, die bereits vorhandenen Strom- oder Energiemesser direkt zu verwenden und ihre Ausschläge in möglichst kurzen Zwischenräumen durch geeignete Vorrichtungen zu summieren. Die Genauigkeit eines solchen Apparates hängt natürlich von der Häufigkeit der Belastungsschwankungen wesentlich ab, da nur die zu ganz bestimmten Zeiten herrschenden Ausschläge summiert werden und in der Zwischenzeit vorkommende Änderungen unberücksichtigt bleiben. Gelingt es, die zwischen zwei Summationen liegende Zeit auf ein Minimum zu beschränken, so verschwinden die durch Belastungsschwankungen hervorgerufenen Fehler mehr und mehr, und die erhaltene Angabe entspricht ohne wesentliche Abweichung der wirklich verbrauchten Strom- oder Energiemenge.

Diese Zähler mit absatzweiser Summierung bestehen also im wesentlichen aus dem eigentlichen Messinstrument und der Vorrichtung, um die Ausschläge des freischwingenden Zeigers jenes Messinstrumentes zu summieren. — Ob der Apparat die verbrauchte Energie oder die Summe der verbrauchten Stromstärken, also die verbrauchte Elektrizitätsmenge misst, hängt nur davon ab, ob die Stellung des Zeigers von der Grösse des Produkts von Spannung und Stromstärke ( $e \cdot i$ ) oder allein von

---

\*) Über Höchstverbrauchsmesser s. Abschnitt D, 3.

der Stromstärke  $i$  abhängig gemacht wird. Als Messinstrument kann natürlich jedes beliebige direkt zeigende Watt- oder Ampèremeter benutzt werden; jedenfalls werden sich aber stark gedämpfte Instrumente weit besser eignen, also solche, welche bei jeder Belastungsänderung erst eine grössere Anzahl Schwingungen ausführen, bis die definitive Einstellung erfolgt.

Vorrichtungen, welche die Ausschläge freischwingender Zeiger von Messinstrumenten summieren, sind eine grosse Anzahl angegeben worden. Siemens & Halske hat in ihren alten sogenannten Säbelzählern folgendes Prinzip verwandt: Ein leichter, passend gekrümmter Hebel C (Fig. 24) wird aus seiner Ruhelage in bestimmten Zeitabschnitten, beispielsweise alle  $1\frac{1}{4}$  Minuten, durch ein kräftiges Uhrwerk mit dem Minutenzifferblatt U gegen die Spitze oder Schneide eines Zeigers Z bewegt, bis der Hebel die letztere trifft. Der von dem Hebel bei dieser Bewegung jedesmal beschriebene Drehungswinkel wird auf ein auf der Achse des Hebels sitzendes Zahnrad und durch dieses auf das Zählwerk übertragen. Ist nun die Stellung des Zeigers Z in bestimmte Abhängigkeit von der zu summierenden Stromstärke gebracht, und ist die Kurve, welche den Hebel C an der Seite, welche der Zeigerspitze gegenübersteht, begrenzt, derart gestaltet, dass die Bogenwinkel, welche der Hebel durchlaufen muss, bis derselbe die Zeigerspitze trifft, proportional den Stromstärken resp. Energiemengen sind, die diesen Stellungen des Zeigers entsprechen, so addiert das Zählwerk alle Stromstärken resp. Energiemengen, welche zu den Zeiten der Messungen vorhanden waren, und misst mithin die Quantität der durch die Leitung geströmten Elektrizität unter

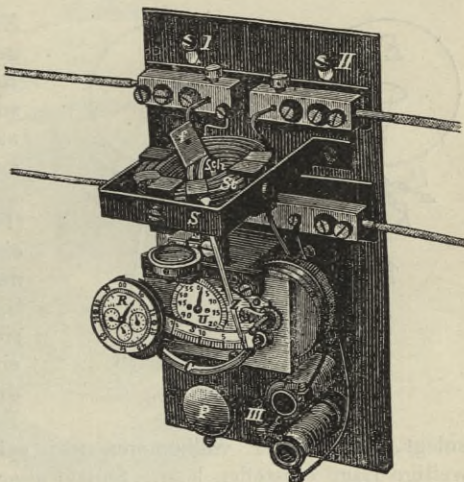


Fig. 24.

wird auf ein auf der Achse des Hebels sitzendes Zahnrad und durch dieses auf das Zählwerk übertragen. Ist nun die Stellung des Zeigers Z in bestimmte Abhängigkeit von der zu summierenden Stromstärke gebracht, und ist die Kurve, welche den Hebel C an der Seite, welche der Zeigerspitze gegenübersteht, begrenzt, derart gestaltet, dass die Bogenwinkel, welche der Hebel durchlaufen muss, bis derselbe die Zeigerspitze trifft, proportional den Stromstärken resp. Energiemengen sind, die diesen Stellungen des Zeigers entsprechen, so addiert das Zählwerk alle Stromstärken resp. Energiemengen, welche zu den Zeiten der Messungen vorhanden waren, und misst mithin die Quantität der durch die Leitung geströmten Elektrizität unter



der bereits vorher erwähnten Voraussetzung, dass die jedesmaligen Messungen als die mittleren Stromstärken resp. Energiemengen zu betrachten sind, was bei kontinuierlichem Betrieb hinreichend genau der Fall sein wird, wenn die Messungsintervalle nicht zu gross gewählt werden. Der Hebel C wird beständig durch ein Gegengewicht nach dem Zeiger hingezogen, während eine durch das Uhrwerk bewegte Excenterscheibe ihn alle  $1\frac{1}{4}$  Minuten von demselben entfernt und ihm gestattet, vermittelst des Gegengewichts in seine Ruhelage zurückzukehren.

Die Kuppelung des Zählwerkes mit dem Zeiger behufs periodischer Registrierung des Ausschlagswinkels lässt sich auch in folgender Weise ausführen:

An dem Zeiger Z (Fig. 25) befindet sich ein kleiner in einer feinen Lagerung drehbarer Sperrkegel K, welcher sich entweder durch sein eigenes Übergewicht oder durch Vermittelung einer Feder an einen Anschlag

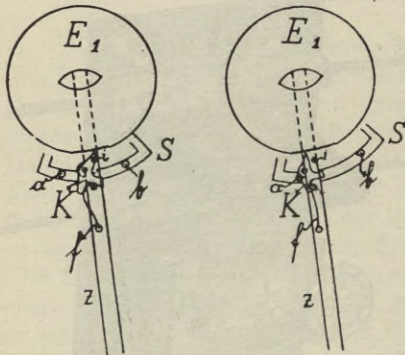


Fig. 25.

anlegt, den Zeiger vollkommen frei spielen und in seine jeweilige Lage einstellen lässt. Sobald aber der Stösser S, welcher eine periodische Bewegung ausführt, den Zeiger auf seine Nullstellung zurückführen will, muss er an den Sperrkegel K stossen; dieser macht infolge seiner sehr geringen Masse zuerst eine kleine Drehung, durch welche er in die Zähne des Zählrades  $E_1$  eingreift; dann erst wird der Zeiger und mit ihm das Zählrad um einen dem Ausschlag des Zeigers gleichen Winkel gedreht. Sobald der Zeiger Z bei der Zurückbewegung des Stössers S losgelassen wird, fällt der Sperrkegel auf seinen Anschlag i zurück, der Zeiger ist ganz frei und kann sich, von irgend welcher Reibung durchaus nicht beeinflusst, einstellen. Die periodische Bewegung des Stössers kann durch ein Pendel oder Doppelpendel oder ein Torsionspendel (Unruhe) hervorgerufen werden, welche durch ein Uhrwerk, elektrischen Antrieb oder dergleichen in Schwingungen versetzt werden. Jedesmal, wenn dann das



Pendel nach einer Seite schwingt, kuppelt es Zeiger und Zählwerk, führt gleichzeitig den Zeiger auf seine Nullstellung zurück und dreht das Zählrad um einen dem Ausschlag proportionalen Winkel weiter.

Diese soeben beschriebene Vorrichtung ist in den neueren Präzisionselektricitätszählern von Siemens & Halske\*) in etwas veränderter Form angewandt worden.

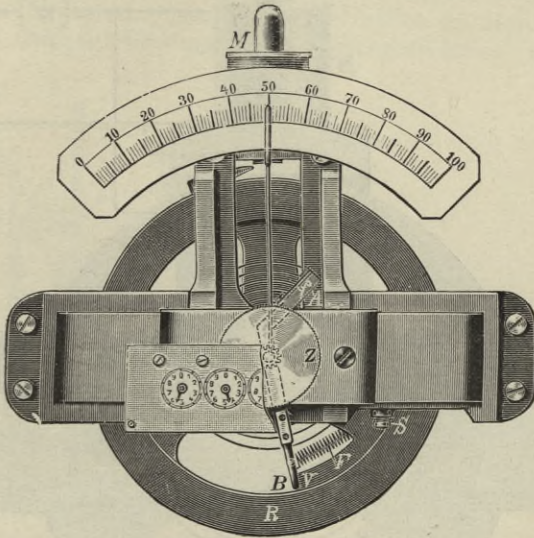


Fig. 26.

Die periodische Bewegung wird bei diesem Zähler durch einen kleinen Elektromotor hervorgerufen. Da durch die Bewegung der Zeiger mittels des Mitnehmers A B (Fig. 26) genau auf C zurückgeführt werden muss, so müsste die Unruhe des Motors stets ganz genau gleiche Amplituden machen. Da dies aber in Wirklichkeit nicht durchführbar ist, so muss eine besondere Einrichtung getroffen werden, welche ein freies Ausschwingen der Unruhe erlaubt. Zu diesem Zwecke ist der Mitnehmer A B durch eine Feder F an einem Vorsprung V

\*) E. T. Z. 1898. Dr. Raps.

des Unruherades R angedrückt. An der linken Seite kann die Unruhe nebst Bügel nun frei ausschlagen, an der rechten dagegen findet der Bügel einen Anschlag S, welcher der Nullstellung des Zeigers genau entspricht. Die Unruhe selbst kann frei ausschlagen.

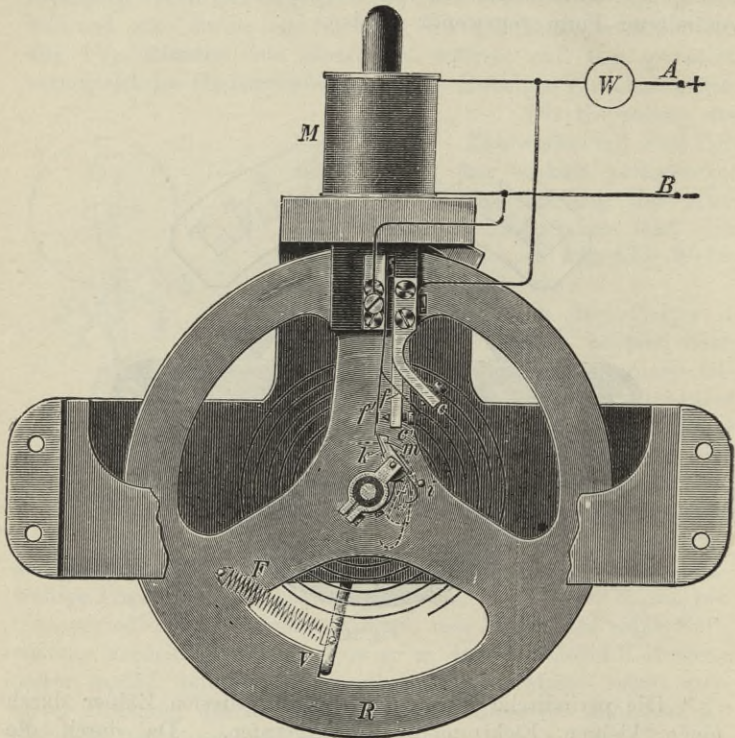


Fig. 27.

Der  $\frac{1}{4}$  periodische Motor besteht nur aus einer schweren Unruhe, einer Feder und dem nötigen Bewegungsmechanismus, der seinerseits aus einem Elektromagneten, einem Anker von besonderer Form und der Kontakteinrichtung besteht. Um Funkenbildung zu vermeiden, welche bei einem derartigen Instrument sehr störend sein würde, ist die Schaltung Fig. 27



angewandt. M ist der Elektromagnet, W der Vorschaltwiderstand, A B sind die beiden Stromleitungen. Jetzt liegt parallel hierzu eine Kurzschlusseinrichtung, eine Feder f, die im allgemeinen auf dem Kontakt c aufliegt. Also ist zum Elektromagneten ein Kurzschluss hergestellt. Sobald nun hier der Mitnehmer m ankommt, wird der Kontakt abgehoben, infolgedessen wird der Kurzschluss des Elektromagneten aufgehoben. Der Strom passiert den Magneten, ein Stromstoss erfolgt und treibt die Unruhe an. Der Stromstoss erfolgt in dem Augenblicke, in welchem die Unruhe ihre Gleichgewichtslage passiert.

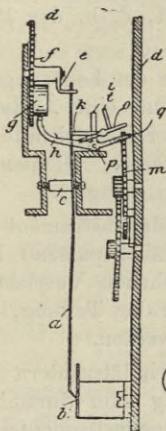


Fig. 28.

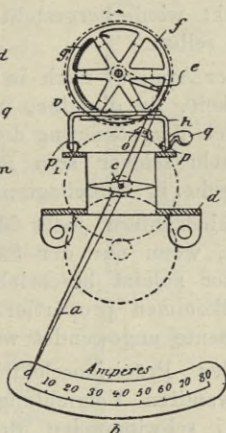


Fig. 29.

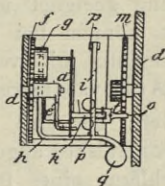


Fig. 30.

Beim Rückgange (von links nach rechts) kann die kleine Feder k des Mitnehmers m frei durchgehen und macht keinen Kontakt. Dieser Kontakt ist nun aus folgenden Gründen zu einer besonderen Form von Doppelkontakten ausgebildet. Die Spannung der Feder f' ist stärker als die von f, so dass letztere sich bei jeder Bewegung durchdrückt und sich daher auf ihrer Auflage, dem Kontakt c, reibt, wodurch eine automatische Reinigung des Kontaktes erreicht ist. Um einer Störung durch Versagen des Kontaktes vorzubeugen, ist ein Kontrollkontakt c' angebracht, der vorkommenden Falles stets Stromschluss giebt.

Da der periodische Motor wechselnde Arbeit verrichten muss, je nachdem der Zeiger bei kleinen oder grossen Aus-

schlägen auf O zurückgebracht wird, so muss derselbe sich seine Amplitude selbstthätig regulieren, und das macht er dadurch, dass er sich so viel Strom nimmt, wie er zu der bestimmten Amplitude notwendig hat. Wenn er nun eine zu grosse Amplitude macht, so schlägt der kleine Mitnehmer m gegen einen Stift i an. Jener dreht sich dadurch ein wenig um, stellt sich in die in der Fig. 27 punktiert gezeichnete Lage ein, und deshalb geht beim nächsten Durchgang die kleine Feder k unter der Kontaktfeder f' durch. Der Motor bekommt dann keinen Strom mehr, so lange der Schwingungsbogen eine gewisse Grösse überschreitet. Sobald die Amplitude wieder abnimmt, wird der Kontakt wiederhergestellt, d. h. der Motor reguliert seine Amplitude selbst.

Konstruktiv bietet der Apparat noch in der Lagerung der Unruhe einige Schwierigkeit, da dieselbe, um eine Änderung der Schwingungsdauer durch Vergrösserung der Zusatzkräfte unschädlich zu machen\*), sehr schwer sein muss. Siemens & Halske hat daher die Unruhe in Kugellagern gelagert.

Während bei den Säbelzählern jedes Messinstrument zur Registrierung geeignet ist, wenn nur der Säbel passend konstruiert ist, können bei der zuletzt beschriebenen Vorrichtung nur Instrumente mit vollkommen proportionaler Teilung, wie Deprez d'Arsonval-Instrumente angewendet werden.

Ähnlich der in den Präzisionselektrizitätszählern von Siemens & Halske angewandten Vorrichtung zum Summieren der Ausschläge eines frei schwingenden Messinstrumentes ist eine von Rissler & Bauer angegebene Vorrichtung.\*\*\*) Bei dieser wird die periodische Zurückführung des Zeigers in die Nulllage jedoch nicht durch einen periodischen Motor, sondern durch eine mit einem sich gleichmässig drehenden Uhrade fest verbundene Kurbel oder ähnliche Vorrichtung bewirkt.

Fig. 28 — 30 zeigt eine solche Konstruktion (Tourtel-Zähler. Engl. Patent 20 743 identisch mit der Konstruktion von Rissler & Bauer). Der um c drehbare Zeiger a des Messinstrumentes wird mittels des Uhrades f und der Kurbel e, die auf seinen

---

\*) Die Gleichung des Torsionspendels ist:  $\tau = \pi \cdot \sqrt{\frac{K}{f + d}}$  wobei f die richtende Kraft, d die Zusatzkraft bezeichnet. Mit d ändert sich  $\tau$ . Die Änderungsgrösse verschwindet bei hinreichend grossem K.

\*\*) D. R. P. Nr. 114 240.



oberen Teil drückt, auf Null eingestellt. Der Zeiger a ist mit dem Zählmechanismus nur während der Rückkehr zu Null in Verbindung und zwar in folgender Weise: Ein gekrümmter Hebel h, in  $pp_1$  gestützt, wird durch das Gegengewicht q niedergehalten, ausser während des Vorwärtsganges des Kammes g, der gegen das entgegengesetzte Ende von q drückt. Der obere Teil des Zeigers a trägt einen Ansatz mit dem dreiarmligen Hebel ol. Sobald h in Kontakt mit g kommt, wird der Hebel ol nach rückwärts geneigt, und sein Arm o giebt das Rad m, das erste Triebrad des Zählwerkes, frei.

Während dieser Zeit kann der Zeiger a in seine Gleichgewichtslage zurückschwingen. Ist aber der Kamm g an h vorübergegangen, so zwingt auch sein Arm i, der eben noch auf den Hebell drückte, o wieder in das Rad m einzugreifen. Der Zeiger sitzt fest, bis sich, nachdem er auf Null eingestellt ist, das Spiel wiederholt. Da während der Einstellung auf Null der Zeiger starr mit dem Rade m verbunden ist, rückt das Zählwerk um eine Strecke proportional dem Ausschlag des Instruments vor.

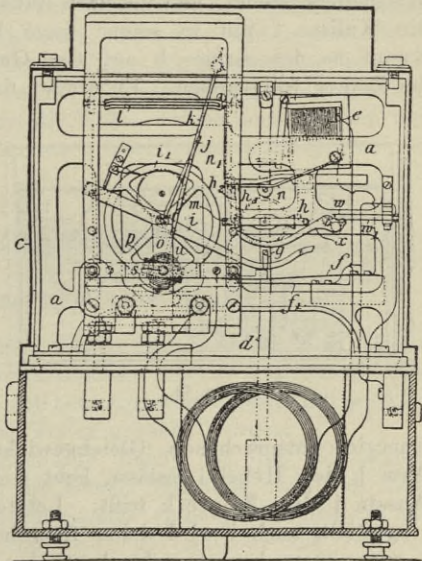


Fig. 31.

Eine von Hartmann & Braun angegebene Vorrichtung\*) hat auch als Grundprinzip die periodische Zurückführung des Zeigers eines Messinstruments in die Nulllage. Dieselbe wird durch periodisches Kuppeln eines Friktionsrades, das durch

\*) D. R. P. Nr. 82994 u. 86124.

ein Uhrwerk in dauernde Umdrehung versetzt wird, mit dem beweglichen Teil des Messinstrumentes bewirkt.

Bei dem in Fig. 31—33 abgebildeten Wattstundenzähler von W. C. Johnson und Th. J. Murday wird das discontinuierliche Integriersystem durch ein Pendel  $d$  bethätigt, welches regelmässig das Zahnrad  $h_1$  vorwärts treibt. Dies letztere veranlasst mittelst eines Armes  $h$  alle Operationen. Der Hebel  $i$  ist mit einem Ansatz  $j$  versehen, der auf den Zeiger  $k$  des Wattmeters drückt, und ihn nach links zu führen sucht, während die Kulisse  $l$  ihn in seiner Lage festhält. Nur wenn der Knopf  $m$  des Armes  $h$  auf das Gestänge  $nn_1$  drückt, wird der Zeiger freigegeben. Er nimmt dann die der verbrauchten

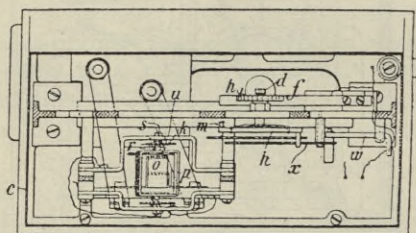


Fig. 32.

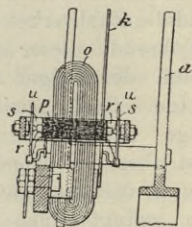


Fig. 33.

Energie entsprechende Gleichgewichtslage ein. Sobald der Arm  $h$  den Hebel  $i$  loslässt, hebt sich dieser wieder, bis sein Ansatz  $j$  den Zeiger  $k$  trifft. Letzterer hat sich inzwischen eingestellt, auch  $i$  wird daher festgehalten und wenn der Arm  $h$  von neuem heruntergeht, kann der Hebel  $i$  nur einen Raum durchlaufen, welcher der gemessenen Kraft proportional ist. Bei jedesmaligem Sinken treibt der Hebel  $i$  die Räder des Zählwerks vorwärts. Der Arm  $h$  bewirkt endlich auch mittelst des Hebels  $x$ , der auf die Federn  $ww_1$  einwirkt, dass der Stromkreis der beweglichen Spule nur während der Messung geschlossen bleibt, wodurch die zum Messen nötige Energie verringert wird.

Das die Messung ausführende Wattmeter ist ähnlich den bekannten Wattmetern von Ganz & Co. gebaut und besteht aus einer festen Spule  $o$  für den Nutzstrom und einer beweglichen Spannungsspule, welche an einem starken Faden ausserhalb der ersteren aufgehängt und leicht drehbar zwischen den



festen Zapfen s gelagert ist; Spiralfedern n führen Strom zu und halten das System fest. \*)

Zähler mit absatzweiser Summierung der Ausschläge eines Messinstrumentes werden heute nur noch wenig verwendet, da sie an Exaktheit und einfacherer Bedienung von den im folgenden Abschnitt beschriebenen integrierenden Zählern übertroffen werden. — Allerdings haben die meisten den Vorteil, dass ihr Energieverbrauch klein ist, da nur diejenige Menge in Betracht kommt, welche zur Einstellung des Messinstrumentes notwendig ist. Dafür haben sie, abgesehen von der unvollkommenen Integration, den Nachteil, den die Anwendung von Uhrwerken mit sich bringt, und ist elektrischer Antrieb vorgesehen, so erreicht der Kraftbedarf die Höhe, welche auch bei den nunmehr zu behandelnden vollkommen integrierenden Zählern auftritt.

## C. Integrierende Zähler.

### 1. Elektrochemische Zähler.

Die elektrochemischen Zähler gehören zu den ältesten Konstruktionen der Verbrauchsmesser und ist das Gesetz, nach welchem der Konsum in solchen Apparaten bestimmt wird, in Gleichung (11) des ersten Teiles gegeben worden.

Der erste elektrochemische Zähler ist der Edisonzähler (Fig. 34), dessen Kasten in seinem Oberteile zwei mit Zinksulfatlösung gefüllte Zersetzungszellen enthält, in welche je zwei Zinkelektroden tauchen, von denen die Kathode alle 14 Tage, die Anode zur Kontrolle alle Monate nachgewogen wird. Der Unterteil des Zählerkastens enthält einen Neusilberwiderstand, der so abgeglichen ist, das nur ein Tausendtel des Gesamtstromes die Zersetzungszellen passiert. Diese Stromverzweigung ist aus dem Grunde notwendig, weil in der elektrolytischen Zelle keine zu hohen Stromdichten zur Anwendung kommen dürfen, da sonst Gasentwicklung eintreten würde und die Angaben nicht mehr den Stromstärken proportional wären. Den Zersetzungszellen sind Widerstände aus Kupfer vorgeschaltet, um Änderungen im Widerstande der Zinksulfatlösung, welche durch

\*) Der Vollständigkeit halber seien noch die denselben Gegenstand behandelnden Patente angeführt: D. R. P. 67 867; 68 696; 71 484; 75 065; 77 576.

Stromdurchgang oder Temperaturschwankungen hervorgerufen werden können, zu kompensieren. Die in den unteren Raum ausserdem noch eingebaute Glühlampe soll bei grosser Kälte das Innere des Zählers erwärmen. Zu diesem Zwecke wird dieselbe automatisch bei einer bestimmten Temperatur durch einen Thermostat eingeschaltet. Letzterer besteht aus zwei nebeneinander liegenden Streifen aus Messing und Stahl, durch deren Zusammenziehung eine Ausbauchung und dadurch Kontakt für die Leitung der Glühlampe herbeigeführt wird. — Diese Zähler werden von der „Edison Illuminating Co. in New-York“ noch heute verwandt.

Eine Hauptbedingung ist für den vorliegenden Zähler jedoch nicht erfüllt: die direkte Ablesbarkeit der verbrauchten Strommenge.



Fig 34.

Schon 1882 konstruierte daher Edison ein sogenanntes registrierendes Voltmeter\*), welchem der Erfinder den Namen „Webermeter“ gab. Der Apparat besteht aus zwei an einem Wagebalken hängenden ausbalancierten Elektroden, welche in eine Ablagerungszelle eintauchen, durch die ein Teil des Stromes geleitet wird. Sobald durch die elektrolytische Wirkung des Stromes eine gewisse Gewichts-differenz der beiden plattenförmigen Elektroden erreicht ist, senkt sich die durch die Metallablagerung

schwer gewordene eine Elektrode und bringt hierdurch eine Drehung der Achse des Wagebalkens hervor, die in geeigneter Weise auf ein Zählwerk übertragen wird. Gleichzeitig aber kehrt die Bewegung des Wagebalkens die Richtung des den Apparat durchströmenden Stromanteils um, wodurch die Elektroden ihre Rollen vertauschen und die vorher als Kathode wirkende Platte jetzt zur Anode wird und umgekehrt, so dass das auf ersterer abgelagerte Metall sich wieder ablöst und nunmehr sich wieder auf der anderen jetzt als Kathode wirkenden Platte ablagert, diese beschwert und den Wagebalken in umgekehrter Richtung bewegt. Das Zählwerk muss selbstverständlich so eingerichtet sein, dass beide Drehrichtungen des Wagebalkens auf dasselbe in gleicher Richtung wirken.

\*) D R. P. Nr. 16 661. E. T. Z. 1882 S. 127.



Eine auf diesem Prinzip beruhende Konstruktion ist in Fig. 35, 36 abgebildet.\*) Bei derselben dient der Wagebalken (17) als Hemmung eines beliebig angetriebenen Uhrwerkes, welches die Registrierung bewirkt. Es wird bei jedem Ausschlage des

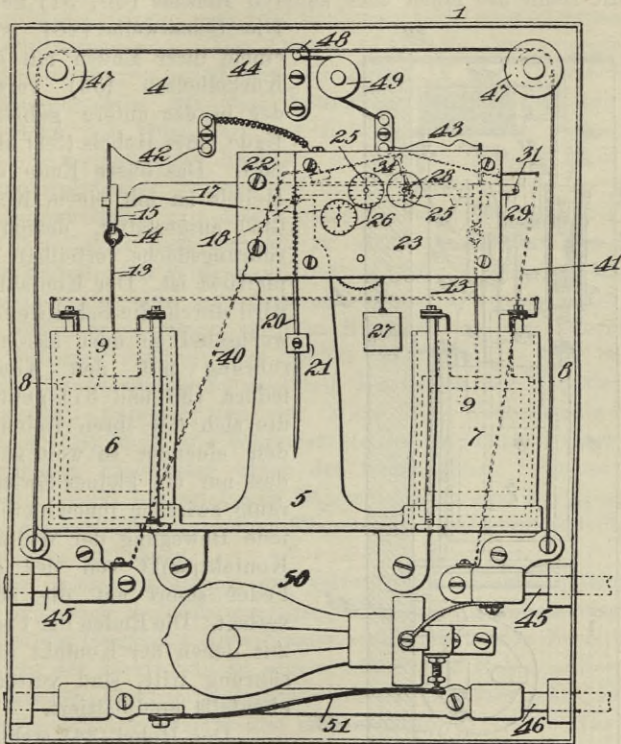


Fig. 35.

Wagebalkens das Uhrwerk um einen bestimmten Betrag — beispielsweise eine halbe Umdrehung — freigegeben. Die Konstruktion ist nun die folgende: Die Schaltwelle (28) des Uhrwerkes trägt einen möglichst langen Arm (29), welcher an seinen beiden Enden mit hervorragenden Stiften (30) und (31) ver-

\*) D. R. P. Nr. 105979.

sehen ist; diese Stifte sind von der Welle (28) ungleich weit entfernt und können mit einem oberhalb des Auflagepunktes des Wagebalkens angeordneten Arm (32) zusammentreffen, sobald der Wagebalken in Schwingungen gerät, wobei der Arm (32) in die Bahn des einen oder anderen Bolzens (30, 31) gelangt.

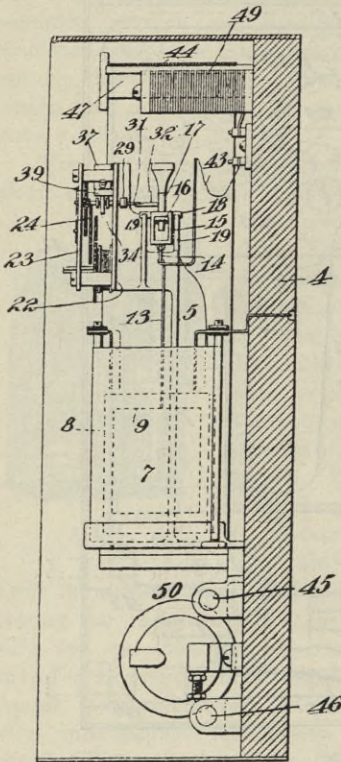


Fig. 36.

Die Schaltwelle (28) ist an einem ihrer Enden mit einem Kurbelbolzen (33) versehen, der in das untere gabelartige Ende eines Hebels (34) hineinragt. Das obere Ende dieses Hebels ist mit einem Kontakt (35) ausgestattet, dessen Berührungsfläche vorteilhaft goldplattiert ist. Der Kontakt (35) wird durch die Schaltwelle abwechselnd in oder ausser Berührung mit den Kontaktfedern (36 und 37) gebracht, die sich mit ihren freien Enden einander so weit nähern, dass nur ein kleiner Zwischenraum zwischen ihnen bleibt und jede Bewegung der Welle den Kontaktpunkt von der einen Feder sofort auf die andere verlegt. Die Enden der Federn, mit denen der Kontakt in Berührung tritt, sind vorteilhaft ebenfalls goldplattiert.

Der Hebel (34) steht mit der Grundplatte mittels eines biegsamen, nicht federnden Metallstreifens (38) von bestimm-

tem und konstantem Widerstand in elektrischer Verbindung. Die Federn (36 und 37) sind auf isolierenden Blöcken (39) befestigt und durch Leitungen (40 und 41) mit den Kontakten des zu messenden Stromes verbunden.

Den beiden beweglichen Elektroden (6 und 7) wird der Strom durch biegsame, nicht federnde Streifen (42 und 43) aus Blattmetall von ganz bestimmtem und gleichbleibendem



Widerstand zugeführt; diese Streifen sind an den die beweglichen Elektroden tragenden Drähten (13) befestigt. Auf diese Weise besitzen die Leitungen im Elektrizitätszähler stets einen bestimmten Widerstand, und es wird keine Stromverbindung durch ein bewegliches Gelenk getragen, auch ist keine Stromverbindung abhängig vom Oberflächenkontakt, ausgenommen die Umschaltvorrichtung. Die Drähte (13), die die beweglichen Elektroden tragen, sind wie die Zellen (6 und 7) von ihrer Verbindungsstelle mit den beweglichen Elektroden bis zur Oberfläche der Flüssigkeit mit mehreren Schichten von essigsaurem Amylkollodium bedeckt, so dass sie isoliert sind und ein elektrolytischer Prozess auf diesen Drähten oder an ihren Verbindungsstellen mit den Elektroden nicht stattfinden kann.

Der Zähler liegt parallel zu einem vorteilhaft aus Neusilber bestehenden Widerstand (44), welcher in eine der Hauptleitungen (45) des zu messenden Stromes eingeschaltet ist. Der Neusilberwiderstand wird in Bandform an der Innenseite des Gehäuses entlang über Spulen (47) geführt. Die beiden Enden des Widerstandes sind mit den Enden der Hauptleitung verbunden, während von der Mitte des Widerstandes eine Leitung (48) über eine Wärmeausgleichspule (49) zu einer der beweglichen Elektroden einer der Zellen führt. Ebenso wie bei dem zuerst beschriebenen Zähler ist noch eine bei grösserer Kälte automatisch durch einen Thermostaten (51) einzuschaltende Glühlampe vorhanden.

Eine direkte Ablesung der verbrauchten Elektrizitätsmenge lässt sich auch dadurch erreichen, dass man beispielsweise die entwickelte Gasmenge eines Knallgasvoltameters oder die Niveaudifferenz des Elektrolyten an einem kalibrierten Rohre abliest. — Ein solcher Elektrizitätszähler wird seit ungefähr zwei Jahren in England häufig benutzt und ist von Charles Orme Bastian angegeben worden.\*) (Fig. 37.) Derselbe besteht aus einem einfachen Knallgasvoltameter. Der Elektrizitätsverbrauch wird gemessen an der Abnahme des in einer geteilten cylindrischen Röhre befindlichen, angesäuerten Wassers. Das Verdampfen des Wassers wird durch eine dünne Oelschicht verhindert. Die Elektroden sind ohne Durchlöcherung der Wandungen des Gefässes von oben in den Elektrolyten eingeführt. Dabei sind die beiden Platinelektroden, um sie möglichst dicht aneinander zu

\*) Inst. El. Eng. 1898. S. 547. D. R. P. 108408.

befestigen und doch zur Vermeidung eines Kurzschlusses sicher voneinander zu trennen, an den Rippen eines Gasgestelles festgekittet oder auf andere Weise an diesem Gestelle befestigt. Das Glasgestell besteht dabei mit den die isolierten Zuführungsdrähte einschliessenden Röhren aus einem Stück.

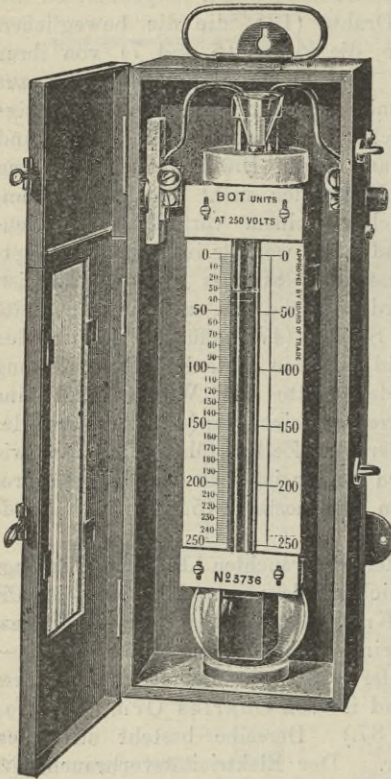


Fig. 37.

oxydulsalzes ausgeschiedene Menge Quecksilbers.\*\*') Die verschiedenen Teile jener elektrolytischen Zelle sind in einer luftdicht verschlossenen Glasröhre angeordnet. Die Verbindungen des Zählers

Ein ähnliches Prinzip liegt dem Quecksilbervoltmeter von Gurwitsch zu Grunde.\*') Dasselbe besteht aus einem Glasgefäss, an dessen Boden zwei Quecksilberelektroden konzentrisch angeordnet sind. Der Elektrolyt ist eine Merkuronitratlösung. Die Menge des vom Strome ausgeschiedenen Quecksilbers wird ihrem Volumen nach an einem kapillaren Steigrohr abgelesen. Die an der Kathode abgechiedene Quecksilbermenge kann durch entsprechend angeordnete Hähne jedesmal wieder nach der Anode zurückgebracht werden.

Auch Arthur Wright benutzt in seinem in Fig. 38 und 39 schematisch und Fig. 40 in Ansicht abgebildeten Zähler zur Messung der verbrauchten Strommenge die aus einer Lösung eines Quecksilber-

\*) D. R. P. 103390. F. d. E. 1899.

\*\*') s. E. A. 1901. No. 92.



sind aus Fig. 39 zu ersehen. Der Widerstand im Nebenschlussstromkreis beträgt einschliesslich der Zelle ca. 40 Ohm und die maximale Stromstärke etwa 0,025 Ampère bei einem 5 Ampère-

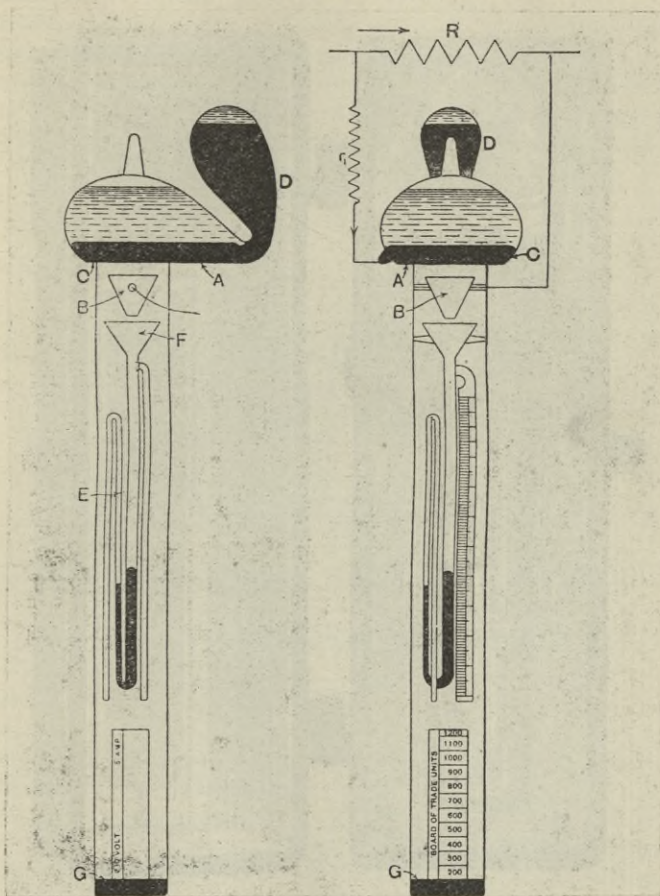


Fig. 38.

Fig. 39.

zähler. Der Widerstand  $R$  im Hauptstromkreis besteht aus Platinoiddraht und hat einen Wert von 0,2 Ohm. Dieser Zähler unterscheidet sich von anderen Typen besonders durch die Lage der Anode  $A$  zu derjenigen der Kathode  $B$ . Die

erstere ist nämlich über anstatt unter der letzteren angeordnet. Das Quecksilber befindet sich in einem ringförmigen Be-

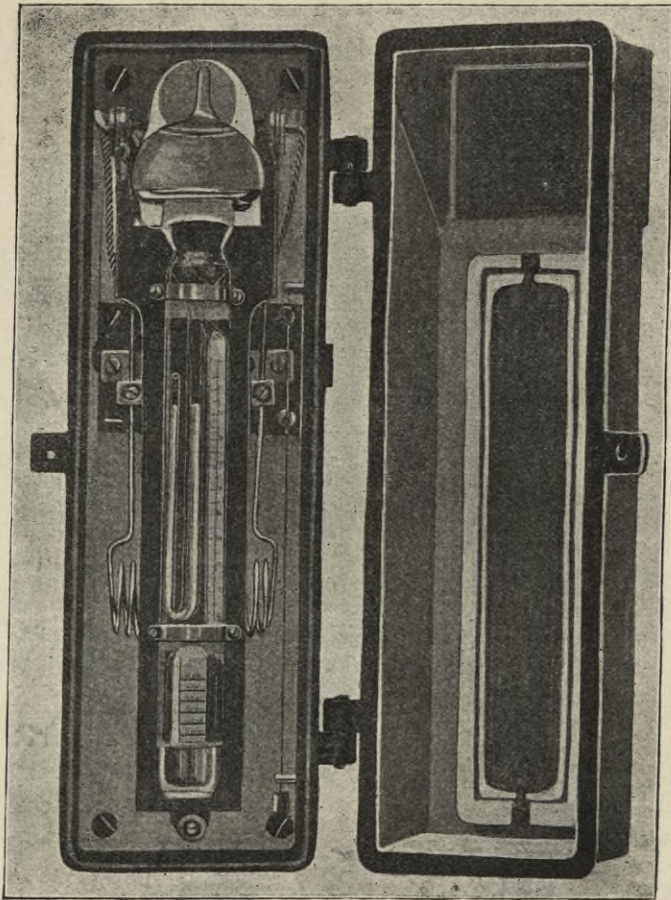


Fig. 40.

hälter C, welcher bis zu einer solchen Höhe gefüllt ist, dass die konzentriertere Lösung, welche durch die elektrolytische Thätigkeit entsteht, von der konvexen Oberfläche des Quecksilbers in-



folge der Schwere herabsinkt und sich von selbst mit der Flüssigkeit vermischt, so dass diese das Bestreben hat, eine gleichmässige Dichte aufrecht zu erhalten. Die Mitwirkung der Schwere bei dieser Mischung würde bald unwirksam sein, wenn das Quecksilber der Anode unter das Niveau des Behälterrandes herabsinken sollte. Diesem beugt man vor und erhält ein konstantes Niveau des Quecksilbers durch die Anwendung der sogenannten Speisevorrichtung D, deren Thätigkeit aus der Figur her-

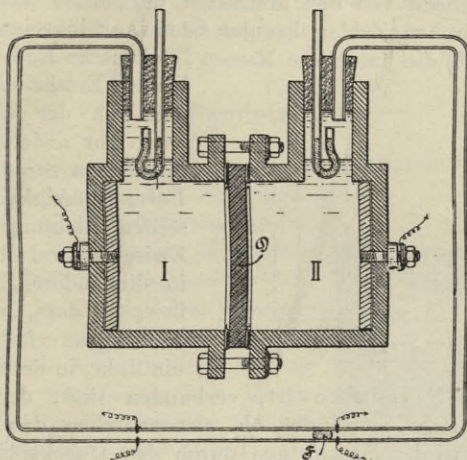


Fig. 41.

vorgeht. Das auf dem Platinkegel B niedergeschlagene Quecksilber tropft in den Glastrichter F, der auf dem oberen Rande der Glasröhre E aufgekittet ist. Wenn nun eine auf 100 Einheiten bestimmte Menge Quecksilbers in dem rechten Schenkel der Röhre sich angesammelt hat, so wird das Quecksilber in diesem etwas höher stehen als im anderen Schenkel, welcher Niveauunterschied genügt, einen Heber in Thätigkeit treten zu lassen, der das gesamte in der U-förmigen Röhre enthaltene Quecksilber in das darunter befindliche Gefäss G leitet. Letzteres ist mit einer nach Ampèrestunden geachten Skala versehen, während an dem U-förmigen Rohre selbst die Bruchteile abgelesen werden können. Durch Umstürzen des Zählers führt man das in G enthaltene Quecksilber wieder nach der Anode zurück.

Wie oben erwähnt, ist die Glasröhre luftdicht verschlossen. Dies ist statthaft, weil die chemische Wirkung kein Gas erzeugt und infolgedessen kein innerer Druck vorhanden ist. Da ausserdem die Luft keinen Zutritt hat, so erfolgt keine Verdunstung, kein Beschlagen und keine Wertverminderung bezüglich der Qualität der verwendeten Materialien. Der Zähler wird durch den Luftdruck gar nicht und durch die Aussen-temperatur nur in geringem Masse beeinflusst.

Abweichend von den Methoden der bisher beschriebenen elektrochemischen Zähler benutzt Strasser in seinem Elektrizitätsmesser\*) die unter dem Namen „elektrische Endosmose“ be-

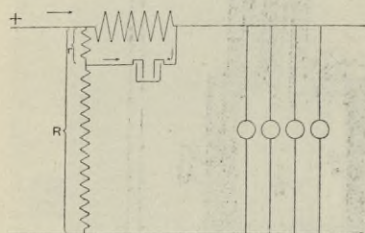


Fig. 42.

kannte Erscheinung. Durch den von der einen Elektrode zur anderen (Fig. 41) fliessenden Strom wird die Lösungsflüssigkeit in derselben Richtung durch die Zwischenwand d hindurch in die andere Zelle getrieben, so dass, wenn beide Zellen ganz erfüllt und durch ein Rohr, in dem ein Quecksilbertropfen F enthalten ist, verbunden sind, der Ausgleich durch das Rohr stattfindet, F also zwischen den Kontakten verschoben wird. Sobald nun durch den Quecksilbertropfen F der eine Kontakt geschlossen wird, wird ein Zählwerk eingeschaltet, gleichzeitig aber der durch die Zellen gehende Strom umgekehrt und der Quecksilbertropfen nach dem anderen Kontakt hingetrieben. In dem Rohre befindet sich eine isolierende Flüssigkeit, beispielsweise Öl.

Ein Hauptübelstand der meisten elektrochemischen Zähler ist jedoch die auftretende gegenelektromotorische Kraft der Zelle, wodurch ein Spannungsabfall von 2 — 3 Volt bei einer Stromstärke von 5 Ampère hervorgerufen wird. Um diese gegenelektromotorische Kraft auszugleichen, schaltet Wright\*\*) vor das elektrolytische Messgerät eine Zusatzstromquelle (Primär- oder Sekundärelement, elektrisch geheiztes Thermoelement oder dergl.) und legt dieses System parallel zu einem in den Haupt-

\*) D. R. P. 96822.

\*\*) Engl. Patent (1899) 23315, 23316.



stromkreis eingeschalteten Widerstand. Die Zusatzspannung kann auch dadurch hergestellt werden, dass das elektrolytische Messgerät einerseits an den Endpunkt des Widerstandes im Hauptstromkreis, andererseits an einen Punkt eines zwischen die beiden Hauptleitungen eingeschalteten Widerstandes angelegt wird. (s. Fig. 42.)

Trotz aller dieser Verbesserungen scheint es nicht, dass die elektrochemischen Zähler zu sehr zufriedenstellenden Resultaten führen können, insbesondere, da die mechanischen Zähler den praktischen Anforderungen weit mehr genügen.

## 2. Pendelzähler.

Unter einem Pendelzähler versteht man einen solchen Apparat, bei dem die Schwingungsdauer eines Uhrpendels durch den Verbrauchsstrom beeinflusst wird. Die Theorie ist bereits im ersten Teile S. 4 gegeben worden. Die ersten, welche auf dem bezeichneten Prinzip einen Zähler konstruierten, waren Ayrton und Perry (1882) und unabhängig von diesen Dr. H. Aron. Die ersteren stellten eine Ampèrerolle hinter einem Pendel auf, an welchem parallel mit jener die Voltrolle befestigt war. Diese Anordnung ist jedoch sehr ungünstig, weil die Kraft beinahe senkrecht zur Schwingungsebene steht und nur eine kleine Komponente derselben zur Wirkung kommt, so dass die erzielten Differenzen zu klein werden, welche in Vergleiche mit dem Fehler der Uhr und der Ablesung für die Praxis unbrauchbar sind. Durch die einseitige, aus der Schwingungsebene abgerichtete Kraft ist bei stärkerer Einwirkung das Pendel gezwungen, eine elliptische Bahn zu beschreiben, wodurch der Gang der Uhr gestört wird. Ayrton und Perry scheinen auch nicht den erwünschten Erfolg mit dem Apparat gehabt zu haben; da sie weder Konstruktionsdaten noch Versuchsergebnisse veröffentlicht haben.

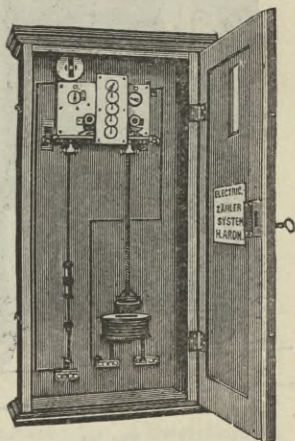


Fig. 43.

Glücklicher war Aron mit dem von ihm konstruierten Apparat und der „Aronzähler“ ist heute noch der charakteristische Typus der Klasse der Pendelzähler. Bei letzterem ist die Stromspule unterhalb des Pendels aufgestellt. Fig. 43 zeigt

eine ältere Type des Apparates. Derselbe besteht im wesentlichen aus zwei Pendeln, von denen eines ein rein physikalisches Pendel ist, das andere jedoch statt der Linse eine von dem der

Spannung proportionalen Strome durchflossene Spule trägt. Letzteres kann durch die bereits oben erwähnte Stromspule in seinem Gang verzögert oder beschleunigt werden, und wird der Gangunterschied beider Pendel durch ein Planetenrädgertriebe auf ein Zählwerk übertragen, dessen Angaben nach der auf S. 5 gegebenen Theorie dem Energieverbrauch proportional sind, bei Vernachlässigung der höheren Potenzen der Gleichung (3a).

Den neueren Zählern der Firma H. Aron (Fig. 44) liegt die Gleichung (5) zu Grunde, wodurch die durch die höheren Potenzen der Gleichung (3a) verursachten Fehler eliminiert werden. Die

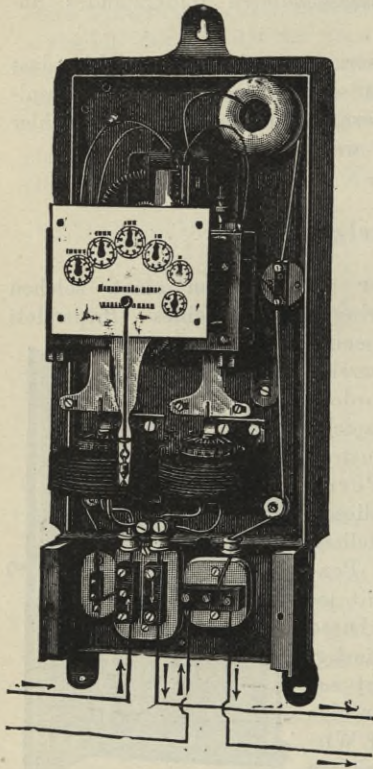


Fig. 44.

Konstruktion ist ferner so getroffen, dass auch die Fehler, welche dadurch entstehen können, dass die Pendel bei Leerlauf in gleichen Zeiten ungleiche Schwingungen machen, selbstthätig sich korrigieren. Es ist deshalb gleichgültig, ob die Pendel genau einreguliert sind oder nicht: Fehler können dadurch in die Messung nicht hineinkommen. Es dient hierfür die sogenannte Umschaltvorrichtung, welche auf folgendem Grundgedanken beruht:



Wenn die Pendel verreguliert sind, d. h. bei Leerlauf nicht synchron schwingen,\*) so muss je nach dem, welches der beiden Pendel schneller schwingt, eine Voreilung oder ein Rücklauf des Zeigerräderwerkes stattfinden, da sich die Antriebswelle entsprechend der Differenz der Schwingungen beider Pendel herum

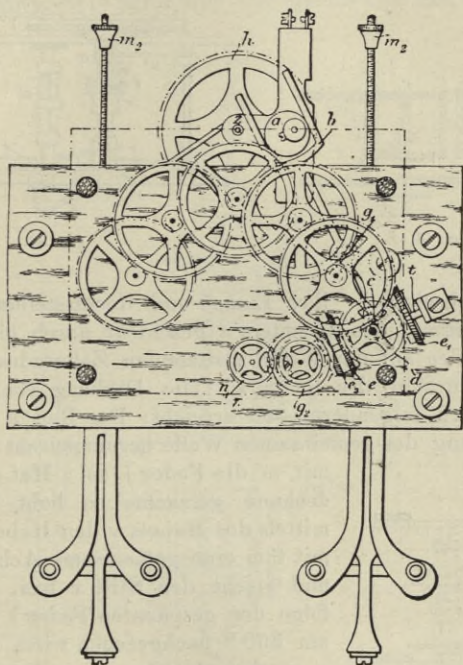


Fig. 45.

bewegen muss. Die so zu stande kommenden Abweichungen können nun in der Weise ausgeglichen werden, dass das letztere abwechselnd während einer gewissen Zeit links herum und während einer gleich grossen Zeit rechts herum angetrieben wird. Zu diesem Zwecke sind auf einer Wippe zwei Zahnräder  $e$  und  $e_1$  (Fig. 45—48) angebracht, von denen je

\*) Neuerdings werden die Pendel absichtlich ungleich lang gemacht, weil zwei nebeneinanderhängende nahezu isochron schwingende Pendel einander beeinflussen.

nach der Stellung der Wippe das obere oder das untere die Verbindung der Antriebswelle  $g_2$  mit dem Zeigerwerksrad  $d$  herstellt. Durch das Uhrwerk des Zählers wird die Wippe mit Hilfe des Excenters  $a$  und Hebels  $b$  immer nach derselben

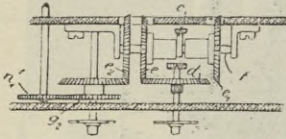


Fig. 46.

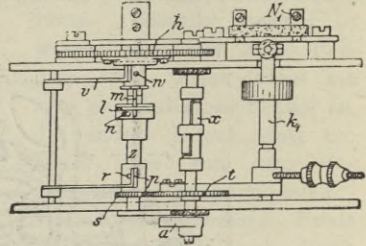


Fig. 47.

Zeit abwechselnd in ihre Links- und Rechtsstellung gebracht. Die Bethätigung des Excenters  $a$  geschieht durch eine Drehung von  $360^\circ$  des auf der Welle  $z$  sitzenden Zahnrades  $s$ , von der halben Zahnzahl des Rades  $t$ . Die Drehung von  $360^\circ$  der Welle  $z$  wird folgendermassen erreicht: Das Rad  $h$  wird durch die Bewegung der gemeinsamen Welle herumgedreht und spannt

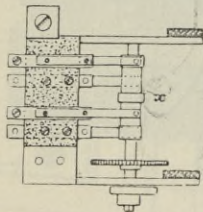


Fig. 48.

mit  $m$  die Feder  $l$  an. Hat es eine Umdrehung gemacht, so hebt der Stift  $w$  mittels des Hebels  $v$  den Hebel  $p$ , welcher mit ihm eine gemeinsame Achse hat, hoch und macht den Stift  $r$  frei, so dass infolge der gespannten Feder  $l$  die Achse  $z$  um  $360^\circ$  nachgezogen wird, bis der Stift  $n$  an dem Arm  $m$  einen Anschlag findet. Dreht sich nun das Rad  $h$  weiter, so fallen die Hebel  $v$  und  $p$  wieder herunter, der Stift  $r$  liegt wieder hinter Hebel  $p$

und die Feder  $l$  kann von neuem gespannt werden. Nach zwei Umschaltperioden müssen hiernach die Zeiger wieder ihren ursprünglichen Stand erreicht haben. Bei Belastung muss das Zeigerräderwerk natürlich dauernd vorwärts laufen, was auf folgende Weise erreicht wird:

In demselben Augenblicke, in welchem die oben beschriebene Umschaltung erfolgt, um die durch die Gangdifferenzen beider Pendel bewirkten Abweichungen automatisch



auszugleichen, wird die Richtung des durch die Pendelrollen fließenden Stromes durch einen Kommutator  $x$  (Fig. 47) umgekehrt. Wenn aber in einem Zähler der Sinn des Stromes entweder in den Nebenschluss-Spulen oder in den Hauptstrom-Spulen allein umgekehrt wird, so dreht er sich entgegengesetzt herum wie vorher. Hier tritt der erstere Fall ein, und infolge-

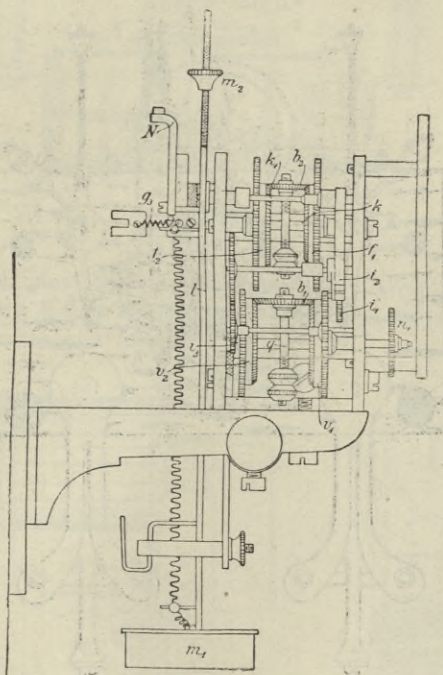


Fig. 49.

dessen rotiert die Hauptantriebswelle nach der erfolgten Umschaltung im entgegengesetzten Sinne. Für das Zeigerräderwerk finden demnach bei Belastung zwei Umkehrungen statt, welche sich ebenso wie zwei Verneinungen aufheben. Das Zeigerräderwerk wird bei Belastung dauernd vorwärts laufen müssen, und trotzdem werden die Fehler, welche durch Verregulierung der beiden Pendel in die Messung hineingebracht werden könnten, unbedingt aufgehoben.

Das Werk (Fig. 49—51) selbst besteht aus zwei Uhrwerken mit Steigrad und Pendel, welche so auf ein drittes Werk, das Differentialwerk ( $q, v_1, v_2, b_1$ ) wirken, dass letzteres die Differenz ihrer Bewegungen anzeigt. Um die Triebkraft des einen gemeinsamen Aufzuges auf beide Werke zu übertragen, dass sie unabhängig voneinander arbeiten können, ist

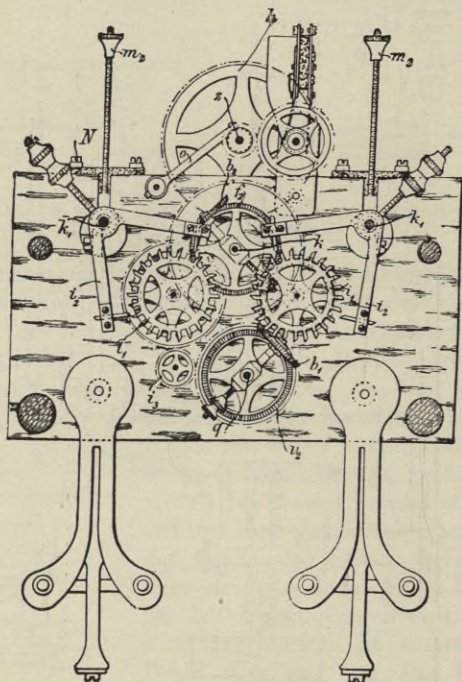


Fig. 50.

ausser vorgenanntem, zur Registrierung dienendem Differentialwerk, noch ein zweites, stärker gebautes, vorhanden ( $b_2, f_1, f_2$ ). Dadurch wird erreicht, dass die mit je einem Uhrwerk verbundenen Kronräder  $f_1$  und  $f_2$  gleichzeitig immer derselben Triebkraft ausgesetzt sind, ohne in der Verschiedenartigkeit ihrer Geschwindigkeit gestört zu werden.

An dem hinteren Lagerbock jeder Pendelachse sind zwei kleine isolierte Klemmen  $N$  befestigt, die dazu dienen, die



Verbindung zwischen den an den Pendelstangen isoliert hochgeführten Enden der Pendelpulen unter sich, sowie mit den

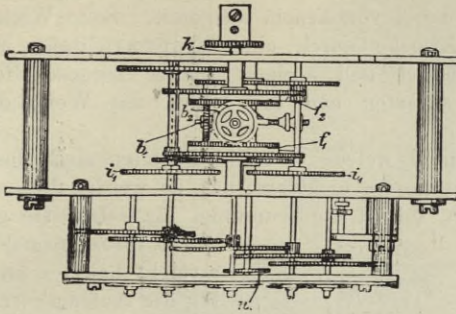


Fig. 51.

übrigen Teilen des Zählers herzustellen. — Zur ungefähren Gangregulierung dienen die Gegengewichte  $m_2$ , welche sich auf- und abwärts schrauben lassen.

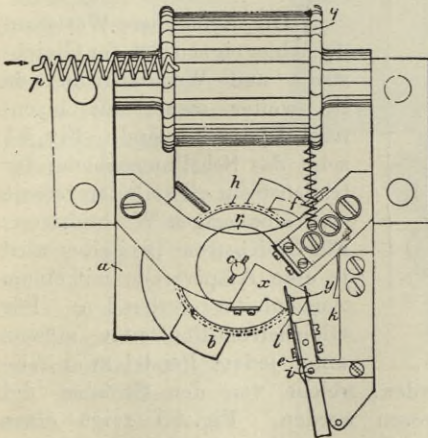


Fig. 52.

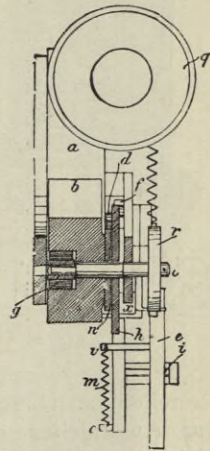


Fig. 53.

Die Zähler ziehen sich mittelst einer elektrischen Aufzugsvorrichtung selbstthätig auf. Dieser Selbstaufzug (Fig. 52/53)

besteht aus einem hufeisenförmig gestalteten Elektromagneten *a*, welcher einen freischwingenden Anker *b*, bevor sich die Triebfeder für das Werk ganz entspannt hat, anzieht, und die letztere dabei von neuem anspannt. Seine Wickelung wird zu diesem Zwecke durch eine Kippvorrichtung zur rechten Zeit eingeschaltet und alsdann wieder ausgeschaltet, so dass der Anker ablaufen und die Feder das Werk des Zählers treiben kann.

Die Pendel, welche so leicht gehalten sind, dass sie während des Transportes nicht arretiert zu werden brauchen, gehen von selbst an, sobald die Spannung, für welche sie gebaut sind, 80 % ihres normalen Betrages erreicht hat. — Die Kontakte für die Aufzugsvorrichtung bestehen aus Silber, welches durch den Funken in Silbersuperoxyd verwandelt wird; dieses ist aber metallisch fest und leitet den Strom gleich gut wie metallisches Silber.

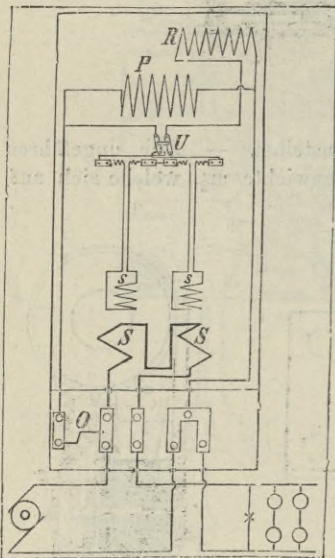


Fig. 54.

Die Aronschen Wattstundenzähler eignen sich für Gleichstrom und Wechselstrom, da sie weiter nichts als eisenfreie Wattmeter sind. Fig. 54 zeigt das Schaltungsschema für Gleichstrom-Zweileitersysteme und einphasigen Wechselstrom. Für Gleichstrom-Dreileiter wird je eine Ampèrerolle mit einem Aussenleiter verbunden. Für Gleichstrom-Fünfleiter müssen unter jedem Pendel zwei Ampèrerollen angebracht werden, welche von den Strömen der vier Aussenleiter durchflossen werden. Fig. 55 zeigt einen Gleichstrom-Umschaltzähler, System Aron, für 10 000 Ampère und 260 Volt.

Für Dreiphasenstrom ohne Nullleiter ist die von Aron zuerst abgeleitete Gleichung (18) benutzt und zeigt die Schaltung Fig. 3. Zur Konstruktion von Zählern für Dreiphasen-



strom mit vier Leitungen werden von Aron die Gleichungen 43 und 45 benutzt, und zeigen die Fig. 56, 57 die Schaltungsschemata. In Fig. 58 ist ein solcher Zähler bildlich dargestellt.

Den Aronschen Ampèrestundenzählern liegt die Gleichung 12 zu Grunde und ist ein solcher für Gleichstrom - Zweileiter in Fig. 59 abgebildet. Im Vergleich zu der älteren Wattstundenzählertypen ist die Spannungsspule des einen Pendels durch einen konstanten Magneten ersetzt. Das

fehlerhafte quadratische Glied wird hier dadurch eliminiert, dass der Magnet durch die darunter befindliche Stromrolle temporär magnetisiert wird, wodurch ein quadratisches Glied zur Beschleunigung hinzugefügt wird. Es hat sich gezeigt, dass der Magnet aus sehr hartem Stahle gefertigt sein muss, da sonst der temporäre Magnetismus grösser wird, als die Korrektur erfordert.

Für die Aufhängung der Pendel ist massgebend, dass sich dieselben nicht nur in der Schwingungsebene bewegen können,

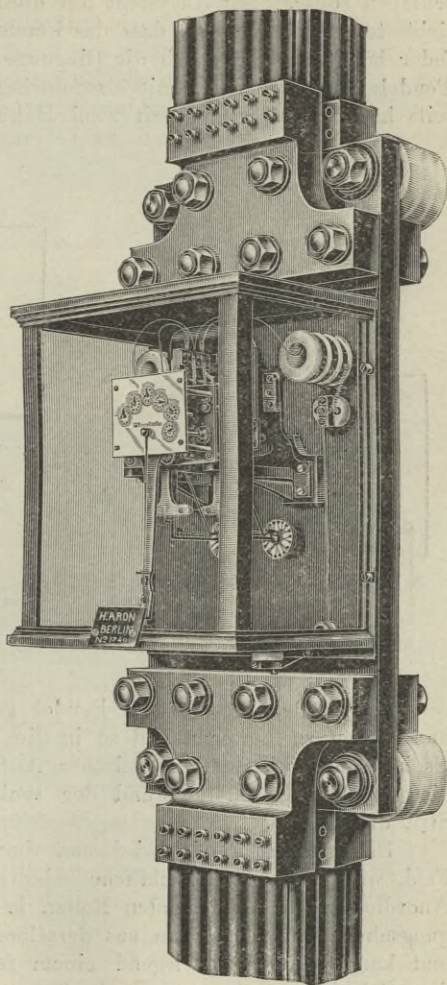


Fig. 55.

sondern auch senkrecht zu derselben, damit es immer im Lot bleibt, wenn sich das Gehäuse aus irgend einem Grunde verschieben sollte. Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist die beliebteste Aufhängung so, dass das Pendel an einer zarten Blattfeder hängt, welche durch die Biegungen die Schwingungen des Pendels gestattet, und somit als Schwingungsachse dient; anderseits hängt das Pendel mit zwei Haken an einem Stift senk-

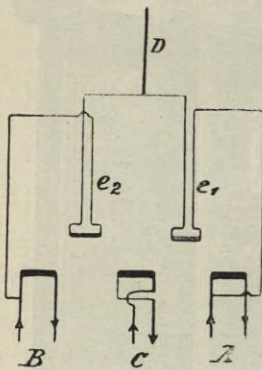


Fig. 56.

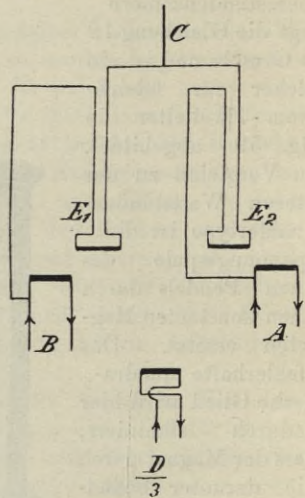


Fig. 57.

recht zur Feder, welche dem Pendel gestattet, sich nach vorn und hinten zu bewegen und so in die Lotlinie sich zu stellen. Es ist also eine Art Cardanischer Aufhängung, wo die Feder die eine Achse darstellt und der senkrecht zu ihr stehende Stift die andere.

Ein solches Pendel wird nun durch ein unsymmetrisches Feld, wie es durch absichtliche oder zufällige unsymmetrische Anordnung der feststehenden Rollen in Bezug auf die Schwingungsebene entstehen kann, aus derselben herausgezogen werden, und kann dadurch an irgend einem festen Punkte ausserhalb der Schwingungsebene zum Anstossen kommen und so den Stillstand der Uhr veranlassen.

Man kann dies dadurch vermeiden, dass die Pendelgabel, welche die Verbindung mit dem Werk herstellt, dem Pendel



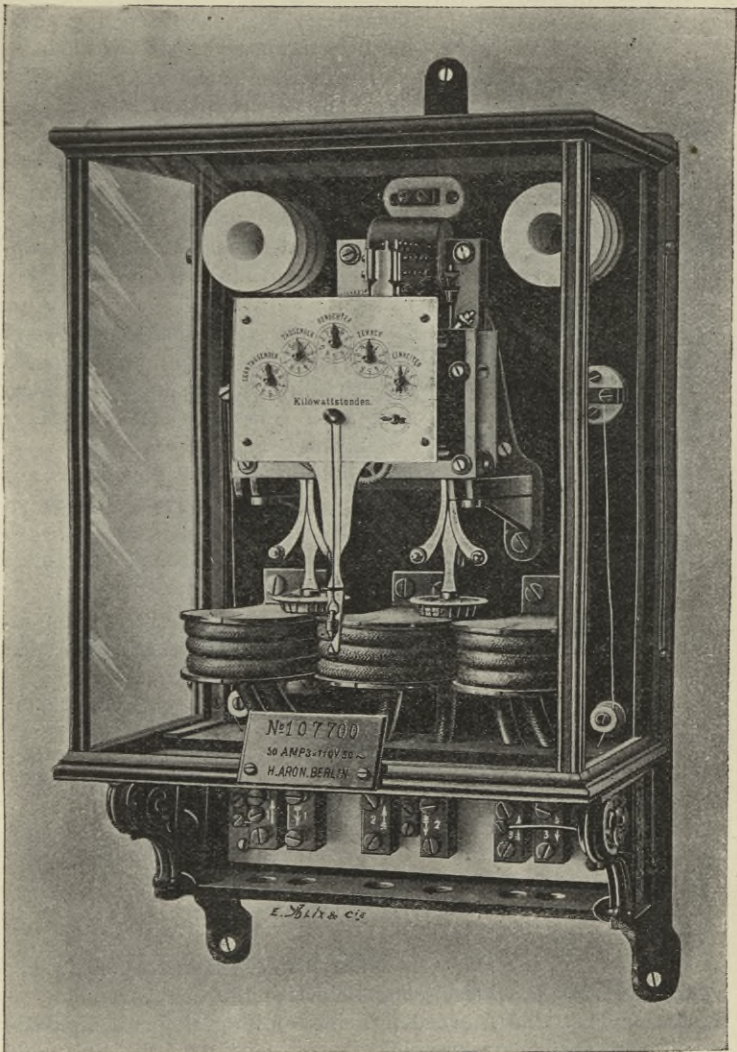


Fig. 58

Königswerther, Elektrizitätszähler.

für eine Bewegung senkrecht zur Schwingungsebene nur so viel Freiheit gestattet, um kleine Veränderungen in der Aufhängung eines

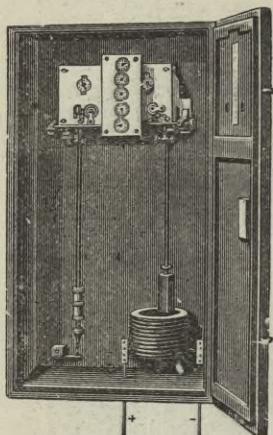


Fig. 59.

gut befestigten Gehäuses, wie man es ja bei einem Zähler voraussetzen muss, auszugleichen, nicht aber gestattet, bei grösseren elektromagnetischen oder elektrodynamischen Kräften so viel aus der Schwingungsebene herauszugehen, um an einen festen Punkt ausserhalb derselben anzustossen und den Stillstand zu bewirken.

Statt der vertikalen Pendel kann man Horizontalpendel verwenden.\*) Als Richtkraft kann man Spiralfedern oder auch einen permanenten Magneten verwenden (Fig. 60).

Die Doppelhebel 5 und 7 mit ihren Spulenpaaren 6 und 8 schwingen mit ihrer Amplitude unter bzw. über den festen Stromspulen 9. Die magnetischen Wirkungen gehen aus den Polbezeichnungen der Fig. 60 hervor.

Behufs genügender Centrifugalwirkung sind die schwingenden Massen der Solenoide möglichst weit vom Zentrum entfernt

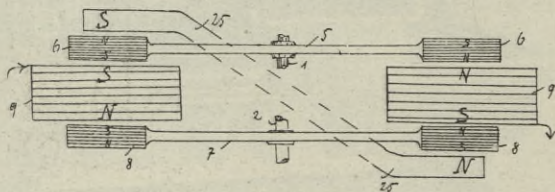


Fig. 60.

zu verlegen; bei solchen — nach Art von Horizontalpendeln, aber völlig ausbalanciert, also ohne Schwerpunkt schwingenden — Balanciers ist die Anwendung eines mit geringer Amplitude arbeitenden Ganges notwendig, der es gestattet, die Solenoide

\*) E. Bergmann, D. R. P. No. 107 955.



stets innerhalb des magnetischen Feldes der Stromspulen zu halten, so dass die Empfindlichkeit, d. h. die Konstante des Zählers unveränderlich bleibt.

Durch Veränderung der Stellung der festen Stromspulen gegenüber den Spannungsspulen lässt sich die Proportionalität der Zählerangaben in geeigneter Weise einregulieren.

Einen Wattstundenzähler mit Horizontal-Balancier-System der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft zeigt Fig. 61. Der Zähler besteht aus einem Doppelwerk mit gemeinsamem selbstthätigem elektrischen Aufzug und schwingenden Horizontalbalanciers der beschriebenen Art als gangordnendem System

Um die Gangdifferenz der Pendel zu registrieren, kann man statt eines Planetenrädergetriebes, wie es im Aronzähler zur Anwendung kommt, auch andere geeignete Vorrichtungen verwenden. Eine solche Konstruktion ist von E. Bergmann angegeben worden\*)

und besteht darin, dass die Gangdifferenz jedesmal, wenn sie eine bestimmte Grösse, z. B. eine Hektowattstunde erreicht hat, aufgehoben wird. Die beiden Pendel sind mit den Uhrwerken I und II (Fig. 62) verbunden, deren Räder 1 und 2 die Räder 3 und 4 in Umdrehung versetzen. Das Rad 4 setzt an der Welle 7 an, 3 dagegen an einer Hülse 8, die frei drehbar über die Welle geschoben ist. Die Hülse trägt einen Arm 10, dieser an dem Gelenk 12 einen kleinen Hebel 11, der durch eine Feder angedrückt wird. In einer Stelle hat die Scheibe einen senkrecht abfallenden Grat, und hier steht ihr ein von der Welle 7 isolierter Kontaktarm 14 gegenüber, dem der Strom durch die Schleifbürste 17 zugeführt wird.

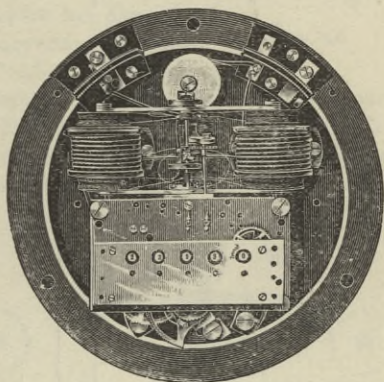


Fig. 61.

\*) Engl. Patent No. 12 693. Ecl. él. 1901. XXVII. Armagnat. Compteurs. Z. f. B. 1901, Heft 17. D. R. P. 110 683 der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft.

Andererseits geht der Strom von der Bürste 18 auf den Arm 10 und den Hebel 11 über, die gleichfalls beide von der Achse isoliert sind.

Wenn nun durch die Einwirkung des Stromes das Pendel II vorläuft und I zurückbleibt, dreht sich die Hülse 8 schneller als die Welle 7, und infolgedessen rückt der Hebel auf der

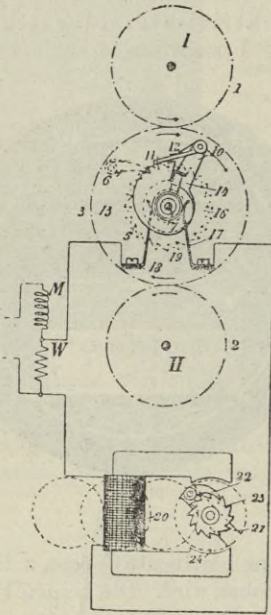


Fig. 62.

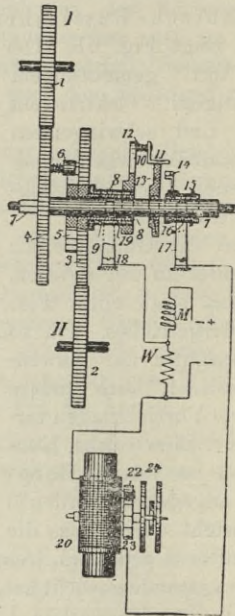


Fig. 63.

Scheibe 13 vor. Ist die Gangdifferenz gleich einer Umdrehung geworden, dann ist der Hebel 11 gerade auf dem höchsten Punkte der Scheibe und schliesst nun beim Herabfallen auf den Kontakt 14 den Stromkreis des Elektromagneten 20. Dadurch wird das erste Triebrad des Zählers um einen Zahn weiter gedreht. Dauert die Gangdifferenz fort, so verlässt der Hebel 11 den Kontakt 14 und fällt auf die tiefste Stelle der Scheibe herab, worauf sich dasselbe Spiel wiederholt. Die Sperrklinke 6 soll das Zurückgehen des Armes 10, was bei unrichtigem Gange der Pendel eintreten kann, verhindern. Einfacher erreicht man



dieselbe Wirkung, wenn man die Scheibe 13 mit Zähnen (Fig. 64) versieht. Bei einer anderen Anordnung (Fig. 65 und 66) wird auf das Rad 3 ein schräg abgeschnittener Cylinder 25 aufgesetzt, auf welchem das mit der Hülse 26 und dem Rad 4 fest verbundene Rädchen 35 läuft. Man erkennt leicht, dass das Lauf-  
rädchen sich bei der Rotation abwechselnd hebt und senkt, und dabei den Hebel 29 mitführt, der wiederum den Zähler mittelst der Sperrklinke 33 weiter dreht.

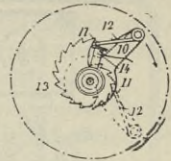


Fig. 64.

Die Schwierigkeiten, welche bei Doppel-  
pendelzählern wegen der Notwendigkeit des  
synchronen Ganges der Pendel auftreten,  
haben G. Hookham dazu geführt, einen Zähler mit nur einem  
Pendel zu konstruieren.\*) Das Prinzip ist das folgende: Ein  
gewöhnliches Pendelwerk wird durch ein Zahnradgetriebe eine  
bestimmte Zeit, etwa 5 Minuten lang, vorwärts bewegt, darauf,

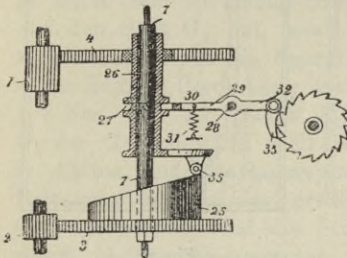


Fig. 65.

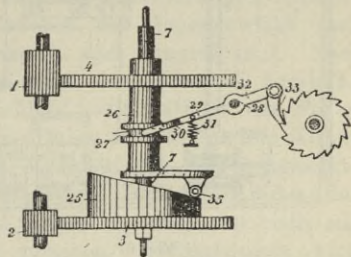


Fig. 66.

durch Umschaltung des Systems, 5 Minuten lang rückwärts.  
Es ist klar, dass die Räder nach 10 Minuten wieder ihre ur-  
sprüngliche Stellung erreicht haben, und, wenn Zifferblätter vor-  
handen sind, dieselben Zähne bei 0 stehen, wie am Anfang.  
Wenn man nun während der ersten 5 Minuten eine beschleu-  
nigende Kraft auf das Pendel wirken lässt und während der  
nächsten 5 Minuten eine verzögernde, werden sich die Räder  
in der ersten Periode schneller vorwärts bewegen, in der zweiten  
langsamer zurück, und am Ende werden die Zifferblätter einen

\*) s. Ecl. él. 1901. Bd. XXVII. Armagnat. Compteurs. Z. f. B.  
1901. Engl. Patent. No. 21 633.

Wert angeben, der proportional ist den angewandten beschleunigenden und verzögernden Kräften. Diese kann man aber leicht der Intensität eines zu messenden Stromes proportional machen.

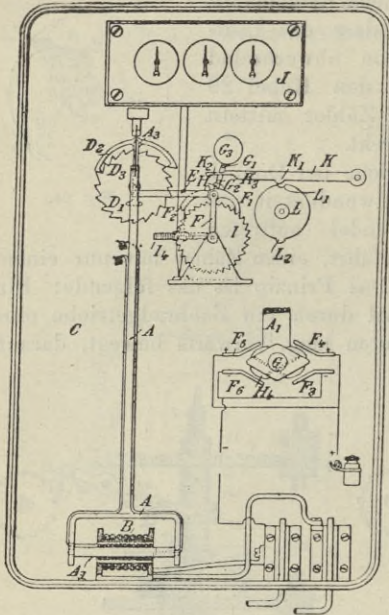


Fig. 67.

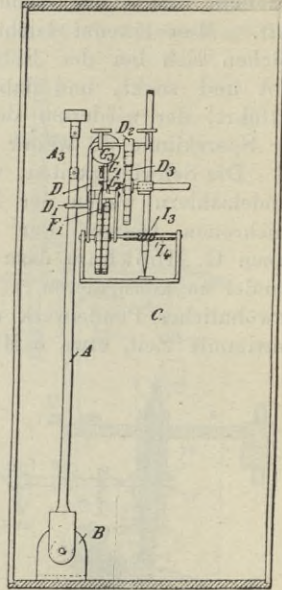


Fig. 68.

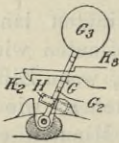


Fig. 69.

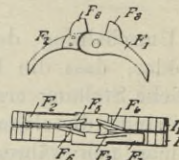


Fig. 70.

Der in Fig. 67—70 dargestellte Apparat ist ein Wattstundenzähler, dessen Voltspule  $A_1$  an dem Pendel  $A$  befestigt ist, und zwar so, dass sie durch die Ampèrespule  $B$  hindurch schwingt. Das Pendel hängt an einer federnden Lamelle  $A_3$ , und eine Gabel  $D_1$  teilt ihm die von dem Anker  $D_2 D_3$  eines



gewöhnlichen Uhrwerks empfangenen Anstösse mit. Die Bewegung des Pendels wird mittelst des Hebels E auf die beiden Sperrklinken  $F_1$  und  $F_2$  am Ende des Armes F und von diesen auf die Zifferblätter J übertragen. Je nach der Stellung des Gegengewichts  $G_3$  greift eine der Sperrklinken in das zugehörige Rad J oder  $J_1$ , und die Zeiger der Zifferblätter werden von dem Uhrwerk durch Vermittelung der Schraube ohne Ende  $J_3$  und des Rades  $J_4$  vor- oder rückwärts bewegt.

Damit der so konstruierte Apparat die verbrauchte Energie anzeigt, genügt es, in möglichst gleichen Zwischenräumen die Stellung von  $G_3$ , sowie die Richtung des Stromes in  $A_1$  zu ändern. Diese doppelte Aufgabe erfüllt die Scheibe L, die von einer zweiten Uhr in Rotation versetzt wird. In diesem Falle ist keine Präzisionsuhr nötig, es ist nur erforderlich, dass die absolute Dauer der einzelnen Umdrehungen gleich sei.

An die Scheibe L lehnt sich ein Hebel K mittelst der Nase  $K_1$ . Trifft diese Nase mit der Einbuchtung  $L_1$  zusammen, so senkt sich der Hebel, trifft mit dem hakenförmigen Ende  $K_2$  auf den Stift  $G_2$  auf, wirft dadurch das Gegengewicht nach rechts und bringt die Sperrklinke  $F_1$  zum Eingriff in J. Nach einer halben Umdrehung von L wird der Hebel K durch  $L_2$  gehoben, und der Haken  $K_3$  schiebt jetzt mittelst des Stiftes  $G_3$  das Gegengewicht nach links. Daher tritt die andere Klinke in Aktion, und das Rädersystem  $J_4$  erhält die entgegengesetzte Bewegung wie in der ersten Periode. Der Hebel, der das Gegengewicht  $G_3$  und die Stifte  $G_1$  und  $G_2$  trägt, ist noch mit einem kleinen Kommutator G versehen. Infolgedessen wird gleichzeitig mit der Umschaltung der Zahnräder die Stromrichtung in der Spule  $A_1$  umgekehrt.

Ein anderes Prinzip für Pendelzähler, als das in den bisher beschriebenen Apparaten benutzte, wurde von Boys angegeben.\*) Es beruht auf der Messung der Kräfte durch Schwingungen unter dem Einfluss elektrischer Kräfte. Diese Schwingungen sind von der Art der Pendel- oder elastischen Schwingungen, also solcher, welche um eine Gleichgewichtslage unter dem Einfluss von Richtkräften, ohne jede äusseren Hilfsmittel, erfolgen, wie eine Steuerung oder Umschaltung, und eben in dieser prinzipiellen Einfachheit liegt ein grosser Anreiz für solche Konstruktionen. Die Durchführung derselben ist

\*) s. E. T. Z. 1884 s. 482. D. R. P. No. 19 520; 21 446; 24 268

aber sehr schwierig und zwar wegen der Unterhaltung der Schwingungen und insbesondere deshalb, weil die Schwingungsdauer von dem reciproken Werte der Wurzel aus der Kraft abhängt. Die Schwingungszahl ist also proportional mit  $\sqrt{i.e}$  resp.  $\sqrt{i}$ .

Aron hat diese Schwierigkeiten bei bezeichnetem Prinzipie für einen Wattstundenzähler zu überwinden gewusst,\*) indem er die  $\sqrt{i.e}$  proportionale Bewegung eines Hauptwerks durch ein Hilfswerk in eine  $i.e$  proportionale Angabe verwandelt.

Wie schon erwähnt, eignen sich Pendel-Wattstundenzähler zur Messung von Gleich- und Wechselstrom, da sie reine eisenfreie Dynamometer sind. Sie messen, wie noch später gezeigt werden wird, über den ganzen Messbereich mit derselben Fehlergrenze und sind von der Reibung gänzlich unabhängig. Ein Nachteil ist die grosse Zahl beweglicher Teile, welche sie enthalten. Hierin sind ihnen die nachfolgend beschriebenen Motorzähler überlegen.

### 3. Motorzähler.

#### a) Elektrodynamische und elektromagnetische Motorzähler.

Unter elektrodynamischen und elektromagnetischen Motorzählern versteht man solche für die Messung des Elektrizitätsverbrauches geeignete Apparate, bei denen ein Anker nach Art derjenigen einer Gleichstromdynamomaschine in einem Kraftlinienfelde, das durch permanente Magnete oder stromdurchflossene Spulen erzeugt wird, rotiert. Die Konstruktionsgrundlage für Wattstundenzähler bilden die Gleichungen (7) und (8), für Ampèrestundenzähler die Gleichungen (13) und (14) des ersten Teils. Wie bereits an jener Stelle erwähnt, benötigen Apparate, die den Gleichungen (8) und (14) genügen sollen, Vorrichtungen, sogenannter Bremsen, welche die im Motor erzeugte Arbeit aufnehmen, so, dass die absorbierte Energie proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit ist. Zähler, deren theoretische Grundlage die Gleichungen (7) und (13) sind, bedürfen einer solchen Vorrichtung nicht; es muss sogar dafür gesorgt werden, dass alles, was einen Energieverlust herbeiführen könnte, wie

---

\*) D. R. P. 95 780.



Fig. 71.

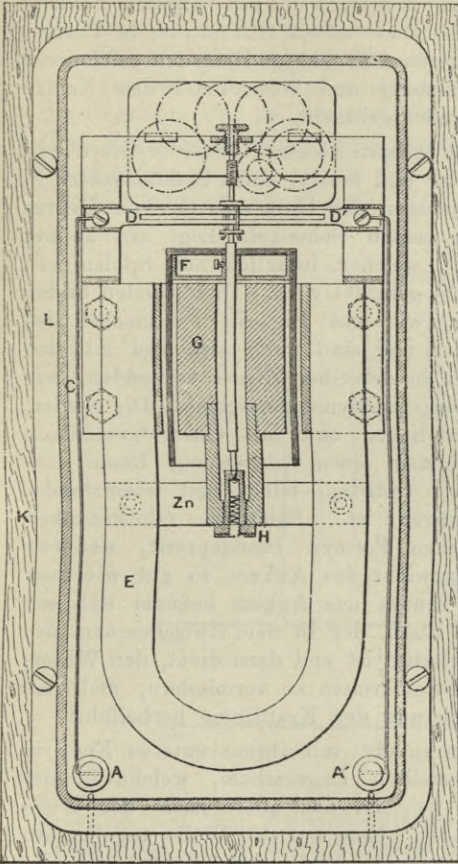


Fig. 72.

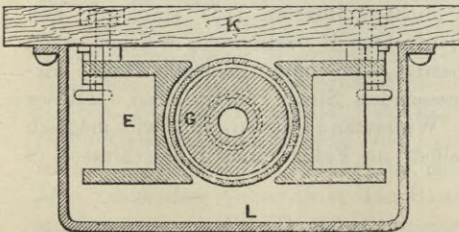
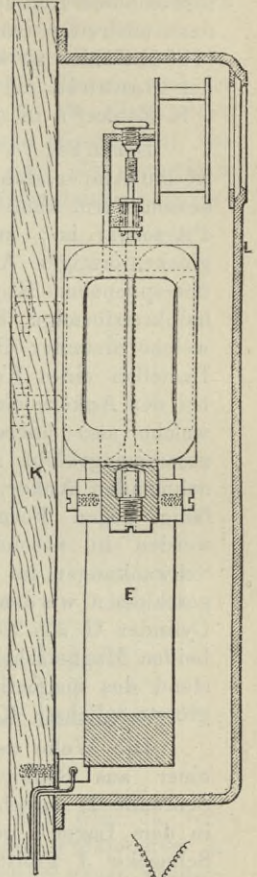


Fig. 73.

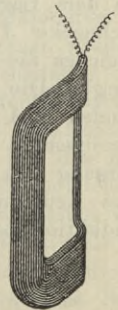


Fig. 74.

insbesondere Reibung, vermieden wird. Nach letzterem Prinzip, dem unstreitig einfacheren, hat zuerst O'Keenan in Paris\*) (1898) Zähler zu konstruieren versucht und werden solche von der Danubia A. G. Strassburg und Wien unter dem Namen O'K-Zähler\*) in den Handel gebracht.

Der in Fig. 71—73 dargestellte Elektrizitätszähler dieser Type ist ein Ampèrestundenzähler und besitzt einen Stahlmagneten E, dessen Form ähnlich denjenigen der Galvanometer von Deprez d'Arsonval ist; zwischen seinen Schenkeln liegt ein kleiner glockenförmiger Anker F, welcher lediglich aus Spulen von überspannem Kupferdraht gebildet wird. Diese Spulen bilden halbkreisförmige Schalen, wie aus Fig. 74 zu ersehen ist, welche einander überlappen und sind unter sich und mit den Lamellen eines Kollektors in derselben Weise verbunden, wie bei den Ankern einer Gleichstromdynamomaschine. Die Spulen, welche also übereinander liegen und mit einem Gummilack zusammengeklebt sind, bilden einen sehr wenig Raum einnehmenden Anker, welcher trotzdem leicht und widerstandsfähig gegen Formänderungen ist. Sämtliche Glockenanker werden in absolut gleichen Formen rundgepresst, wodurch Schwankungen im Gleichgewicht des Ankers so gut wie ausgeschlossen werden. Im Innern des Ankers befindet sich ein Cylinder G aus weichem Eisen, der in dem Zwischenraum der beiden Magnetschenkel befestigt ist und dazu dient, den Widerstand des magnetischen Stromkreises zu vermindern, und eine grösstmögliche Konzentrierung der Kraftlinien herbeiführt.

Die Welle des Ankers ruht mit ihrem unteren Ende in einer aus Saphir hergestellten Lagerschale, welche in der Schraube H angebracht, während das obere Ende der Welle in dem Lager I gelagert ist. Eine auf der Welle angebrachte Schnecke J greift in das erste Rad eines Zählwerkes ein, welches die Registrierung der Umdrehungszahl des Ankers besorgt. Die kleinen, sehr leichten Bürsten DD' sind mit den Enden AA' eines Neusilberdrahtes B verbunden, welcher einen genügenden Querschnitt besitzt, um ohne bemerkenswerte Erhitzung den ganzen zu messenden Strom fortzuleiten. Dieser aus Neusilber hergestellte Widerstand ist so viel wie möglich induktionslos, so dass selbst im Falle eines Kurzschlusses in

---

\*) E. T. Z. 1900 S. 441. 1901 S. 207.



der Installation der Strom keine Wirkung hervorruft, die den Magnetismus des permanenten Magneten verändern könnte.

Fig. 75 zeigt schematisch die Anordnung des Apparates.

Die Wirkungsweise ergibt sich aus der Theorie und ist die folgende: Der zu messende Strom tritt in die Klemme A (Fig. 75) ein, durchfließt den Neusilberdraht B und tritt bei der Klemme A' aus, um zu den Lampen oder den sonstigen Verbrauchsstellen zu fließen. Da der Widerstand B unver-

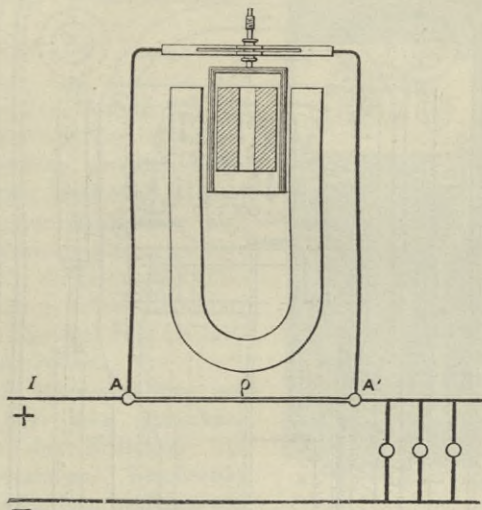


Fig. 75.

änderlich und sein Wärmekoeffizient gleich Null oder zu vernachlässigen ist, so wird zwischen den beiden Polklemmen A und A' eine Potentialdifferenz entstehen, welche genau proportional der den Draht B durchfließenden Intensität  $i$  ist. Da die beiden Bürsten  $DD'$  ein verschiedenes Potential haben, so wird der kleine Magnetelektromotor sich sofort in Drehung versetzen und seine elektromotorische Gegenkraft hat das Bestreben den Potentialabfall in dem Draht B auszugleichen. Seine Geschwindigkeit wird bei sonst gleichen Umständen um so schwächer sein, je stärker das magnetische Feld ist. Es ist klar, dass der Ankerstrom das Bestreben hat, gleich Null zu werden und in der That würde derselbe vollständig zu Null

werden, wenn die passiven Widerstände (Reibungen) fortgeschafft werden könnten, oder wenn der magnetische Kraftfluss

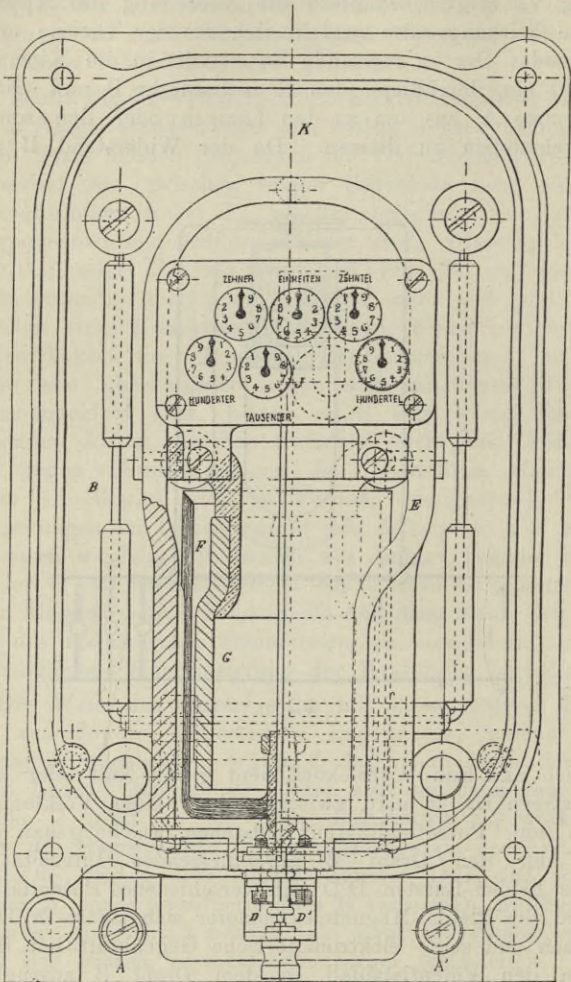


Fig. 76.

unendlich vergrößert werden könnte. Man würde dann die Verhältnisse so haben, dass die gegen elektromotorische Kraft



gleich der Klemmenspannung am Widerstand B und der Ankerstrom gleich Null ist, woraus folgt, dass die Klemmenspannung am Widerstand B proportional der Geschwindigkeit ist. In der That kann, wenn man ein starkes magnetisches Feld verwendet und einen Anker, dessen Draht nur geringen Widerstand besitzt, die Proportionalität als vollständig angesehen werden. Somit ist also auch die Stromintensität im Widerstand B proportional der Winkelgeschwindigkeit.

Fig. 76 u. 77 zeigt die Konstruktion und Ansicht des O'K-Zählers der „Danubia“ A.-G. Es sind daran alle Vorsichtsmassregeln getroffen, um alle durch Wirbelströme, Hysteresis, Joule-Wirkung oder Reibungen entstehenden Verluste auf das kleinste Mass zurückzuführen. Der O'K-Zähler ist in gewisser Beziehung eine ideale Maschine, die im luftleeren Raum rotiert.

Um die Bürstenreibung auf das geringste Mass zurückzuführen ist der Kollektor auf das Mindestmass beschränkt worden; die Bürsten bestehen aus hochkant aufliegenden schmalen Silberblechen. Bei der Fabrication muss hinsichtlich des Ankers in erster Linie darauf gesehen werden, dass derselbe vollkommen centrisch auf die Achse montiert ist und dass der Luftzwischenraum zwischen Anker und Magnete auf das äusserst Notwendige gebracht wird.

Die Justierung erfolgt durch Vergrösserung bzw. Verkleinerung des Widerstandes, denn je grösser der Widerstand, um so grösser die Spannungsdifferenz und um so grösser die Zahl der Ankerumdrehungen.

Wattstundenzähler mit dem gleichen Prinzipie, entsprechend der Gleichung (7) wurden ebenfalls von O'Keenan angegeben\*)

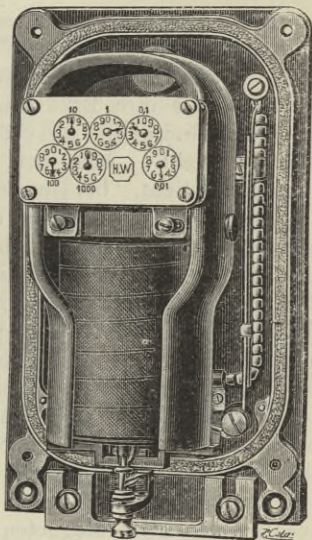


Fig. 77.

\*) D. R. P. 108431.

und von der „Danubia“ A.-G. fabriziert, sind jedoch bisher wegen des verhältnismässig hohen Preises wenig angewandt worden.

In seinem Aufbau dem O'K-Zähler ähnlich, in seiner Wirkungsweise jedoch der Gleichung (14) entsprechend, ist der Ampèrestundenzähler der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin.“

Bevor jedoch die Beschreibung desselben folgt, soll untersucht werden, welche Vorrichtungen als Bremsen benutzt werden können. An die letzteren ist bekanntlich die Bedingung geknüpft, dass ihre Effektaufnahme proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit sei, ferner, dass die Bremse möglichst konstant wirkt. Man hat sich zuerst sogenannter Flügelbremsen bedient, bei denen auf der Motorachse befestigte Flügel in der Luft oder in einer Flüssigkeit rotierten. Diese Bremsen besitzen jedoch keine konstante Wirkung, da abgesehen davon, dass bei kleinen Drehungsgeschwindigkeiten, wie sie früher angewandt wurden, die Bremsung der einfachen Geschwindigkeit der Umdrehung proportional ist, der Widerstand der Luft bei frei in der Luft rotierenden Windflügeln sich mit dem Drucke derselben ändert oder weil bei Flüssigkeitshemmwerken die Viskosität dieser Flüssigkeit sich mit der Temperatur verändert. — Heutzutage wendet man meist nur noch magnetische oder Wirbelstrombremsen an, bei denen eine mit der Zählerachse festverbundene Kupfer- oder Aluminiumscheibe im Felde eines permanenten Magneten rotiert, wodurch in der Scheibe Wirbelströme erzeugt werden. Allerdings sind auch diese vom Altmeister der Elektrotechnik, Werner von Siemens, erfundenen Bremsen nicht von vollkommen konstanter Wirkung, da der Widerstand der Scheiben sich mit der Temperatur ändert, aber diese Inkonstanz ist auf die Zählerkonstante von unmerklichem Einfluss und kann vernachlässigt werden.\*)

Alle bis jetzt in der Praxis verwandten Zählertypen, den O'K-Zähler ausgeschlossen, sind mit solchen Wirbelstrombremsen ausgerüstet. Für Zähler, deren Feld durch permanente Magnete erzeugt wird, kann derselbe Magnet zur Erzeugung des Feldes und zur Bremsung benutzt werden.

Bei dem in Fig. 78 perspektivisch dargestellten Ampèrestundenzähler der A. E.-G. Berlin, sind die Pole dieses

---

\*) Weiteres über Bremsen s. Abschnitt C, 3, c.



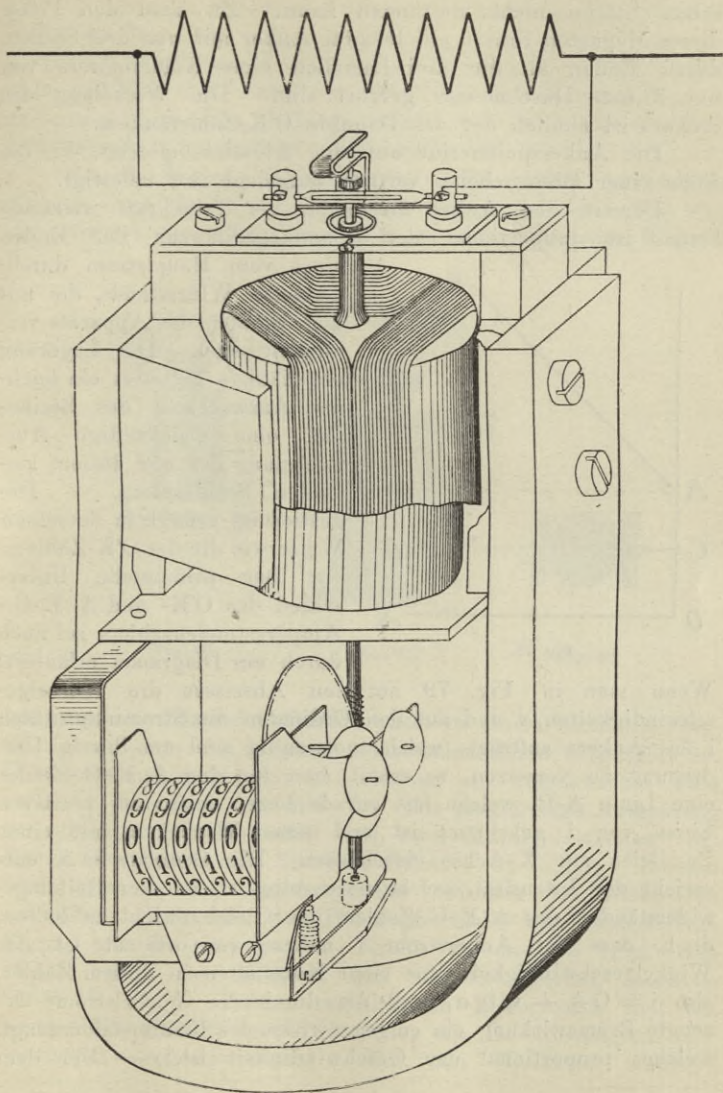


Fig. 78.

Magneten fast ganz eisengeschlossen, so dass eine Veränderung seiner Stärke nicht stattfinden kann. Zwischen den Polen dieses Magneten rotiert ein leichter Anker mit nur drei Spulen, deren Enden an die drei Lamellen eines Kommutators von nur 3 mm Durchmesser geführt sind. Die Wickelung des Ankers ist ähnlich der des Danubia O'K-Zählerankers.

Die Ankerspulen sind auf eine Aluminiumglocke, die die Rolle einer Bremsscheibe vertritt, aufgelegt und befestigt.

Der in den Anker fließende, als Triebkraft wirkende Strom ist proportional der Spannungsdifferenz der Enden

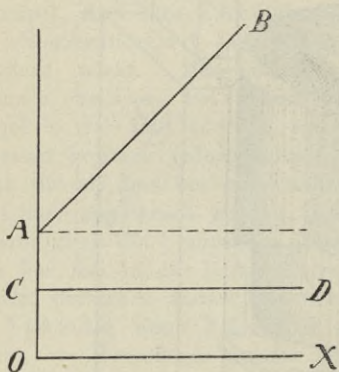


Fig. 79.

eines vom Hauptstrom durchflossenen Widerstands, die mit den Bürsten des Apparats verbunden sind. Die Lagerung des Zählers gestattet ein leichtes Auswechseln des Steines und eine gleichzeitige Auswechslung des auf diesem laufenden Stahlzapfens. — Die Justierung erfolgt in derselben Weise wie die des O'K-Zählers.

Der prinzipielle Unterschied des O'K- und A. E.-G.-Ampèrestundenzählers sei noch durch ein Diagramm erläutert:

Wenn man in Fig. 79 auf den Abscissen die Winkelgeschwindigkeiten  $v$  und auf den Ordinaten die Stromintensitäten  $i$  des Ankers aufträgt, welche notwendig sind um ihn in Umdrehung zu versetzen, so erhält man für den A. E.-G.-Zähler eine Linie A-B, welche fast gerade bzw. leicht im positiven Sinne von  $i$  gekrümmt ist und einen Winkel  $\alpha$  mit einer Parallelen zur X-Achse einschliesst. Die Ordinate OA entspricht der Intensität, welche notwendig ist, um den Reibungswiderständen des A. E.-G.-Zählers das Gleichgewicht zu halten, d. h. dass der Ankerstrom  $i$  nahezu proportional ist der Winkelgeschwindigkeit plus einer Konstanten in diesem Zähler, also  $i = OA + v \cdot \text{tg } \alpha$ , weil die durch die Wirbelströme erzeugte Bremswirkung ein entgegenwirkendes Kräftepaar erzeugt, welches proportional der Geschwindigkeit ist.)\* — Bei dem

\*) Marcel Deprez, Lumière électrique Bd. 11, S. 223.



O'K-Zähler hat man für den Wert  $i$  eine Gerade  $CD$ , welche parallel zur  $X$ -Achse ist. Dieser Ankerstrom ist konstant, weil das hier nur von der Reibung herrührende entgegengewirkende Kräftepaar konstant ist. Wie gross die Ordinaten  $OA$  und  $OC$  sind, hängt von der Güte der Konstruktion ab, es wird bei gleichen Ankergewichten und sonst gleichen Verhältnissen  $OA$  angenähert gleich  $OC$  sein.

Ed. S. Halsay\*) verwendet statt eines gewickelten Ankers einen Cylinder von dünnem Kupferblech (2 in Fig. 81), der mittelst einer Querstange 14 an der vertikalen Welle 9

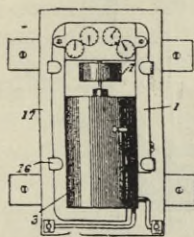


Fig. 80.

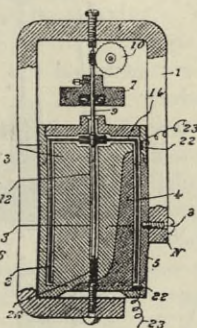


Fig. 81.



Fig. 82.

befestigt ist. Dieser Cylinder rotiert in einem schmalen ringförmigen Raum, der in einer isolierenden Masse ausgespart ist. Der permanente Magnet (1) erzeugt ein magnetisches Feld zwischen den Polen (4) und (5). Die ringförmige Aussparung ist mit Quecksilber gefüllt und zwei Kupferelektroden (22) führen den Strom zu, der den Cylinder durchläuft. Da der Strom sich in dem Kupfercylinder zwischen den Elektroden ausbreitet, giebt man den Polen gleichfalls eine ausgedehnte Form, um die bewegenden Kräfte zu steigern (Fig. 83). Dabei bringt der Magnet, wie bei dem vorher beschriebenen A. E. - G. - Zähler zugleich die bewegenden und die hemmenden Kräfte hervor, so dass die Geschwindigkeit der Intensität proportional ist. Um den Hohlraum während

\*) Ecl. él. 1901. Bd. XXVII. Armagat: Compteurs u. Z. f. B. 1901. Königsworther, Elektrizitätszähler.

des Transportes völlig zu schliessen, kann eine Masse 7 auf den Deckel 6 herabgelassen und festgeschraubt werden. Wie bei den meisten Motorzählern wird das Räderwerk des Halsey-zählers durch die Welle mittelst einer Schraube ohne Ende, welche in das Rad (10) eingreift, angetrieben. Da der Kupfercylinder eine Drehungsrichtung hat, die durch die jeweilige Richtung des Stromes und des Magneten bedingt wird, muss man die Führungen in einer bestimmten Weise anbringen.

Fig. 84.

Fig. 87.

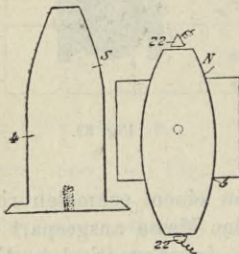
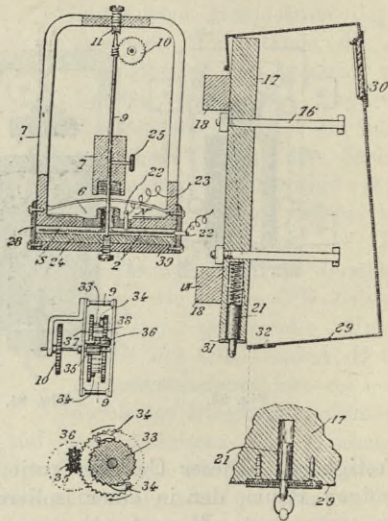


Fig. 83.

Fig. 85 u. 86.

Fig. 88.

Um diese Unbequemlichkeiten zu vermeiden, schaltet Halsey zwischen das Rad 10 und das Zählwerk ein Differentialgetriebe (Fig. 85 u. 86) ein, bestehend aus zwei Rädern 37 u. 38, die lose auf der Achse sitzen und je eine Sperrklinke 34 haben; diese Sperrklinken greifen beide in dasselbe Zahnrad ein. Die Räder 37 und 38 werden durch das Vorgelege 35 und 36 in umgekehrter Richtung bewegt und dieses selbst von dem Rade (10) angetrieben. Es ist leicht zu erkennen, dass, welches auch immer die Drehungsrichtung dieses Rades sein mag, das Zahnrad 33 immer im Sinne des unteren Pfeiles rotieren wird, muss



doch die eine Sperrklinke immer eingreifen, während die andere über die Zähne hinweggleitet. Der bewegte Teil kann auch statt eines Cylinders eine Scheibe sein (Fig. 84); in diesem Falle ist eine der Elektroden im Zentrum, die andere an der Peripherie angelegt, und die Kraftlinien des Feldes schneiden die Scheibe zweimal, einmal auf dem Wege vom Nordpol zu der Eisenplatte 34 und das zweite Mal von dieser zurück zum Südpol.

Die vorstehend beschriebenen Danubia-, A. E.-G.- und Halseyzähler waren Ampèrestundenzähler und können, da bei ihnen ein permanenter Magnet als Triebmittel dient, nur in Gleichstromanlagen Verwendung finden. Wenn auch für sie die Forderung, dass ein Zähler die „Energie“ messen soll, nicht erfüllt ist, so ist durch ihre Konstruktion eine andere wichtige Aufgabe gelöst. — Da die Zähler verhältnismässig ausserordentlich klein und leicht sind, so kann der zur Zeit bei kleineren Stromentnehmern der Gleichstrom-Elektricitätswerke verhältnismässig hohe Betrag der jährlichen Zählermiete auf ein geringes Mass reduziert und gleichzeitig auch die kleinsten Stromabnehmer an Stelle der Pauschaltarife mit Zählern versehen resp. solche Konsumenten, welche von den Elektricitätswerkleitern in natürlicher Abneigung gegen das Pauschalsystem noch vernachlässigt wurden, zur besseren Rentabilität des Werkes herangezogen werden.

Dem Halseyzähler ähnlich, sind die auf Ferranti'schem Prinzip gegründeten Elektricitätsverbrauchsesser. Ferranti\*) benutzte zur Messung die Rotation eines Quecksilberbades, durch welches der Strom von der Peripherie nach dem Mittelpunkte, nach Erregung eines magnetischen Feldes, hindurchgeht, dessen Kraftlinien rechtwinklig zur radialen Richtung des Feldes stehen. Die Geschwindigkeit der Rotation ist proportional dem Strome und die Bewegung wird auf das Zählwerk mittels einer Fächertrommel übertragen, welche auf einer leichten Spindel montiert und in das Bad getaucht ist.

H. Reason und The Mutual Electric Trust haben eine Reihe von Verbesserungen an solchen Motorzählern nach Ferranti'schem System angebracht.\*\*\*) Sie benutzen eine strom-

---

\*) E. T. Z. 1891 S. 186.

\*\*\*) D. R. P. No. 116268. E. P. No. 17026. Armagnat. Ecl. él. 1901 u. Z. f. B. 1901.

führende Spule, deren magnetischer Stromkreis gerade gegenüber dem Einschnitt (2) (Fig. 89), in dem sich gewöhnlich der Anker bewegt, eine Stelle enthält, an welcher der Kraftfluss in zwei Teile gespalten ist. Der eine Teil (5) (Fig. 90) ist aus Eisen und sein Querschnitt ist dünn, so dass der durch die Shuntwicklung (3) hervorgebrachte Kraftfluss genügt, um ihn zu sättigen. Der andere Teil ist bei (6) unterbrochen. Der

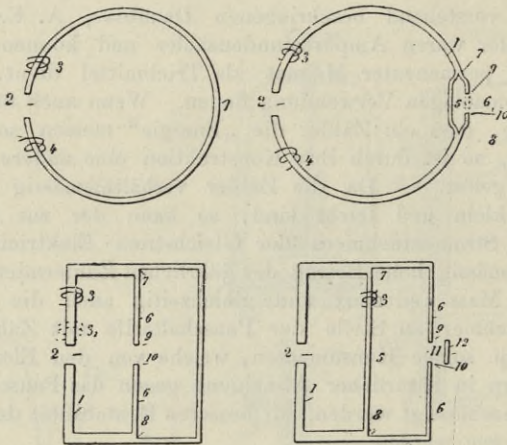


Fig. 89 bis 92.

von der Hauptstromwicklung (4) gelieferte Kraftfluss, welcher hier hindurchgehen muss, durchschreitet also einen offenen magnetischen Kreis, wodurch die schädliche Wirkung der Hysterese verringert wird. Der magnetische Kreis kann die in Fig. 92 dargestellte Form erhalten. Die Shuntspule (3) ist direkt um den Schenkel (5) gewickelt, und die Unterbrechungsstelle des zweiten Schenkels wird durch ein Eisenstück (12) reguliert, das den Polen (9) und (10) genähert werden kann.

Die Ausführung des Apparates lässt Fig. 93 erkennen. In einem von zwei Eisenstücken (1-1) gebildeten Raum (2), der am Rande durch einen Ebonit- und Kupferring (14) geschlossen ist, bewegt sich die Scheibe (22) um die vertikale Achse (23). Der Durchmesser der Scheibe ist ca. 16—20 mal so gross als die Höhe des Raumes (2). Ähnlich wie bei dem Halseyzähler geht der Strom von der Peripherie zum



Zentrum, und zwar wird er durch das Quecksilberbad, welches die Scheibe in dem ringförmigen Raum (14) umgibt, zugeleitet. Der magnetische Kreis wird durch die Bodenstücke (19 und 20) und den durch eine Shunt-Wicklung (3) gesättigten

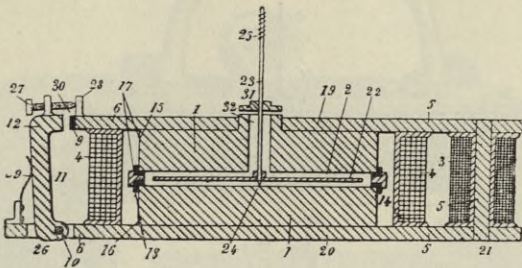


Fig. 93.

Kern vervollständigt. Die im Hauptstromkreis liegende Spule (4) ist um den Hauptkern gewickelt. Die zweite regulierbare Unterbrechungsstelle (11) (Fig. 92) wird hier durch den Raum zwischen dem beweglichen Eisenteil (12) und der Deckenplatte (19) dargestellt.

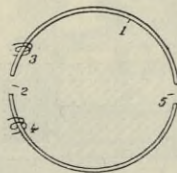


Fig. 94.

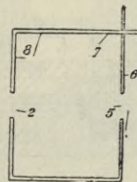


Fig. 95.

Bei einer anderen Konstruktion werden zwei vollkommene Unterbrechungsstellen (2 und 5) in (Fig. 94) im magnetischen Kreis verwandt. Die Regulierung geschieht dadurch, dass durch Annäherung eines Teiles (16) (Fig. 95) die Länge der einen Unterbrechungsstelle variiert wird. Ausführungsformen dieser Konstruktion sind in Fig. 96 a und 96 b dargestellt.

Die Firma Chamberlain & Hookham Ltd, Birmingham, fabriziert ähnliche Zähler. Der in Fig. 97 abgebildete Apparat ist ein Ampèrestundenzähler. Das magnetische Feld wird bei

BD, BD von einem kräftigen permanenten Magneten AA erzeugt. Die Motorscheibe N besteht aus Kupfer und ist in einem mit Quecksilber gefüllten Behälter LL angebracht. Das Quecksilber dient ebenso wie beim Reazonzähler lediglich

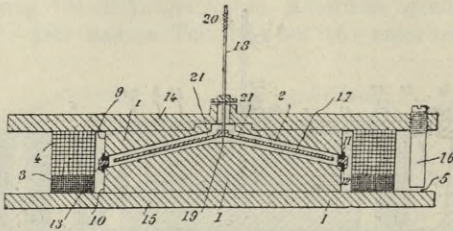


Fig. 96 a.

dazu, den durch die Kontaktscheiben KK geleiteten Strom zu- und abzuführen.

Der Zähler ist mit einer besonderen Bremsvorrichtung versehen. Dieselbe besteht aus einer mit der Motorscheibe N durch eine Achse fest verbundenen Scheibe O aus Kupfer oder

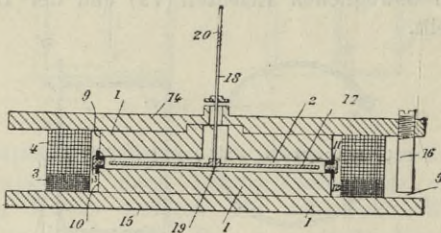


Fig. 96 b.

Aluminium, welche in einem bei EE von dem permanenten Magneten AA erzeugten Felde rotiert.

Durch die Auskehlungen F der Polschuhe EE ist erreicht worden, dass nur die für die Felder benötigte Anzahl magnetischer Kraftlinien durchgelassen werden, so dass die Felder konstant bleiben. Der permanente Magnet AA kann deswegen 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> in seiner Intensität nachlassen, ohne die Felder zu beeinflussen. Einer Schwächung des Magneten wird durch weicheiserne Platten BB, eiserne Brücken bei DD und GV vorgebeugt.



Der bei der Reibung der Motorscheibe gegen das Quecksilber eventuell entstehende kleine Kraftverlust soll durch eine

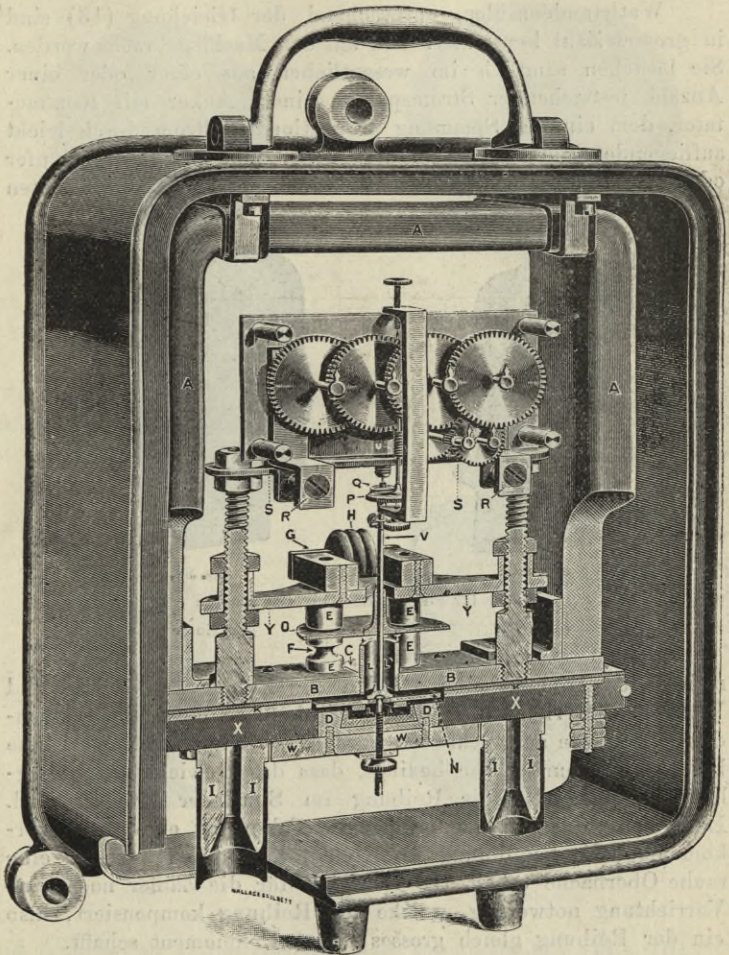


Fig. 97.

in Serie mit dem zu messenden Stromе angeschlossene Windung H beseitigt werden.

Die Achse der Motor- und Bremsscheibe ist mit einem Zählerwerk verbunden, welches bei fixierter Spannung direkt Wattstunden registriert.

Wattstundenzähler, entsprechend der Gleichung (13) sind in grosser Zahl konstruiert und auf den Markt gebracht worden. Sie bestehen sämtlich im wesentlichen aus einer oder einer Anzahl feststehender Stromspulen, einem Anker mit Kommutator, dem ein der Spannung proportionaler Strom durch leicht aufliegende Bürsten zugeführt wird, und der aus Kupfer oder Aluminium hergestellten zwischen permanenten Magneten

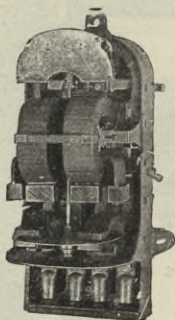


Fig. 98.

Zähler für Stromstärken bis 400 Ampère  
offen

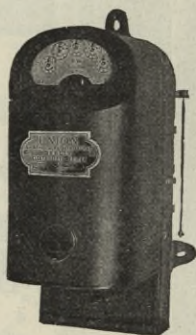


Fig. 99.

geschlossen

rotierenden Bremsscheibe. Sollen die Zähler für Gleich- und Wechselstrom richtige Resultate ergeben, so muss die Verwendung von Eisen ausgeschlossen werden. — Die jetzt erforderliche besondere Bremsscheibe bedingt, dass das Gewicht des beweglichen Teiles, also die Reibung im Spurlager grösser wird. Ein ebenso die Reibung erhöhender Faktor ist eine öfter vorkommende Funkenbildung am Kollektor, wodurch letzterer eine rauhe Oberfläche erhält. Es ist daher für die Zähler noch eine Vorrichtung notwendig, welche die Reibung kompensiert, also ein der Reibung gleich grosses Zusatzdrehmoment schafft.

Apparate dieser Art wurden von Thomson, Hummel und anderen angegeben und werden von der „Union“ E.-G. Berlin, E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. Nürnberg und den Lux'schen Industriewerken A.-G. München gebaut.



Fig. 98—103 zeigen den Thomsonzähler der Union E.-G. in verschiedenen Ausführungen für verschiedene Stromstärken.

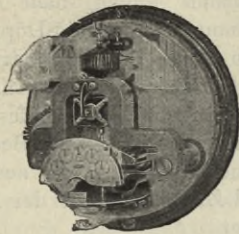


Fig. 100.

Zähler für Stromstärken bis 2000 Ampère  
offen



Fig. 101.

geschlossen

Die Stromspulen werden von starkem Draht oder Kupferband für Ströme bis ungefähr 400 Ampère gewickelt. Für höhere Stromstärken werden dicke Kupferschienen (Fig. 98) verwandt.

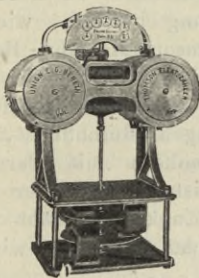


Fig. 102.

Zähler für Stromstärken bis 10000 Ampère  
offen

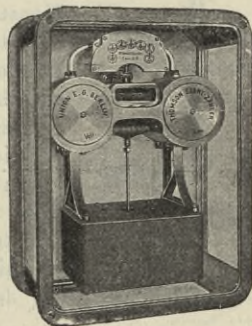


Fig. 103.

geschlossen

Die Anker der Thomsonzähler sind Trommelanker (Fig. 104). Über denselben befindet sich der Kollektor, der aus einzelnen Silberstäbchen zusammengesetzt ist. Die Bürsten bestehen aus Bronze mit Silbereinlage oder reinem Silber und werden durch Torsionsfedern gegen den Kollektor angedrückt.

Zähler für hohe Stromstärken werden, wenn stromführende Leitungen in der Nähe vorbei gehen, durch diese beeinflusst und infolgedessen unrichtige Angaben machen. In solchen Fällen baut die Union E.-G. die Thomsonzähler mit Doppelanker. Es wirken dann die Hauptstromspulen auf zwei astatisch geschaltete Anker, welche auf gemeinsamer Achse befestigt sind (Fig. 102). Hierdurch ist eine Beeinflussung durch andere Leiter von aussen ausgeschlossen und Zuverlässigkeit der Angaben gewährleistet.

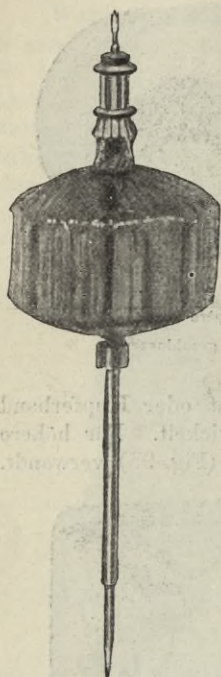


Fig. 104.

Die Konstruktion der Zähler der E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. unterscheidet sich nur in der äusseren Form von den Thomsonzählern der „Union“ E.-G.

Die von den Lux'schen Industriewerken gebauten Zähler (Fig. 105) unterscheiden sich von den eben beschriebenen Konstruktionen hauptsächlich dadurch, dass sie statt des Trommelankers einen Anker mit offener Wicklung besitzen, wie sie die bekannten Thomson-Houston-Bogenlichtmaschinen haben. Hierdurch wird erreicht, dass nicht der halbe Spannungsstrom die Windungen durchfließt, wie dies bei Trommelankern mit Parallelschaltung der Fall ist, sondern der volle

Nebenschlussstrom und hierdurch die Zugkraft erhöht wird, resp. bei gleicher Kraft das Kupfergewicht vermindert wird.\*)

\*) Ist:  $z =$  Windungszahl und  $i =$  der der Spannung proportionale Strom, so ist beim geschlossenen Anker die Wirkung proportional:

$$z \cdot \frac{i}{2} \cdot \int_0^{\pi} \frac{\sin \alpha \cdot d \alpha}{\pi} = 0,318 \cdot z \cdot i$$

Beim offenen Anker schwankt die Kraft zwischen:

$$2 \cdot \frac{z}{3} \cdot i \cdot \sin 60^\circ = 0,576 \cdot z \cdot i \quad \text{und}$$

$$\frac{z}{3} \cdot i + 2 \cdot \frac{z}{3} \cdot \frac{i}{2} \cdot \sin 30^\circ = 0,5 \cdot z \cdot i$$



Bei der offenen Schaltung ist es ferner möglich, mit nur drei Kollektorlamellen auszukommen, wodurch die Dimension des Kollektors geringer wird und die durch die Bürsten bewirkte Reibungsarbeit sich vermindert.

Um einer Funkenbildung am Kollektor nach Möglichkeit vorzubeugen, sind auf dem Anker kurzgeschlossene Wicklungen (Fig. 106 s-s) angebracht, wodurch dem Induktionsstrom ein bequemerer Ausgleich als durch den Funken geboten wird.\*) Diese Kurzschluss-  
spulen können zwecks Erleichterung des Gewichts des Ankers auch ausserhalb desselben angebracht werden. (Fig. 106 f<sub>1</sub>·f<sub>2</sub>).

Bei der offenen Wicklung des Ankers der „Luxzähler“ wird immer ein Drittel des Drahtgewichtes bzw. bei anderer Spulenzahl infolge der Eigenart der offenen Wicklung mindestens eine Spule, ohne Arbeit zu verrichten, als Last mitgedreht werden. Diese nicht volle Ausnutzung des Drahtes wird durch die folgende von der Union E. G. angegebene Anordnung vermieden.\*\*)

Bedeutet in Fig. 107 (a a) die vom Hauptstrom durchflossenen Feldspulen (b b) die Stromzuleitungen, welche im Nebenschluss zum Hauptstrom liegen und dem dreiteiligen Kollektor den Strom zuführen, so sind die Enden der beiden Spulen (d d) an das kleinere der drei Kollektorsegmente geführt und die Anfänge der Spulen an die beiden anderen Segmente. Die Spulen sind in der Figur um

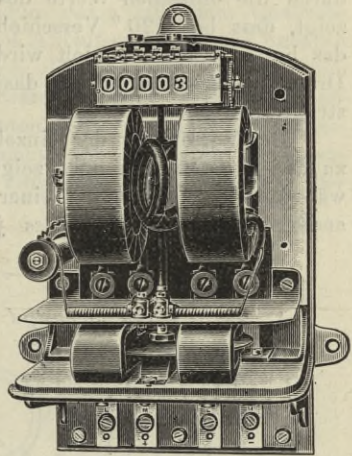


Fig. 105.

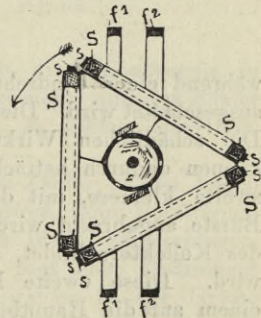


Fig. 106.

\*) D. R. P. No. 111720.

\*\*\*) D. R. P. No. 129022.

120° von einander verschoben gezeichnet, können jedoch um jeden beliebigen Winkel versetzt werden, nur ändern sich dadurch die einzelnen Werte des Drehmomentes. Die Rechnung zeigt, dass bei 120° Verschiebung zwischen den beiden Spulen das beste Resultat erzielt wird, und dass in diesem Falle das Drehmoment günstiger als dasjenige der vorher erwähnten Konstruktionen ist.

Bei Verfolgung der einzelnen Stellungen, welche der Anker zu den Bürsten einnimmt, zeigt sich, dass sich das Drehmoment während des Überganges einer Bürste von einem Segment zum anderen nicht ändert, dass jedoch eine der beiden Spulen

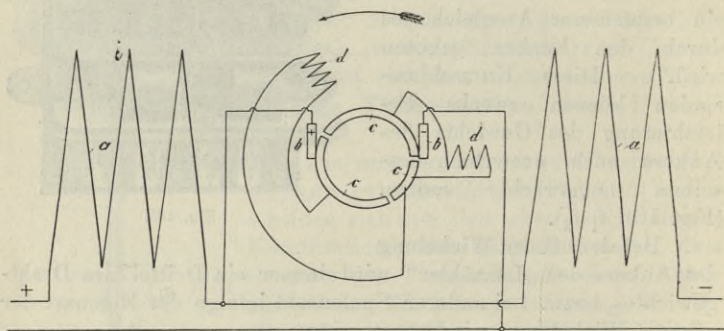


Fig. 107.

während einer Umdrehung zweimal unter halbem Ankerstrom ausgeschaltet wird. Dies würde zum Funken Veranlassung geben. Die schädlichen Wirkungen der an sich schwachen Funken können dadurch beträchtlich herabgemindert werden, dass eine zweite kleinere, mit der Hauptbürste in Verbindung stehende Bürste angebracht wird, so dass der Funken sich an einer Stelle des Kollektors bildet, der von der Hauptbürste nicht berührt wird. Diese zweite kleinere Bürste kann zweckmässig aus einem auf die Hauptbürste aufgelöteten, schwachen, elastischen Draht bestehen.

Bei den bisher beschriebenen Wattstundenzählern mit Bremsen wird die Reibung in einfacher Weise dadurch kompensiert, dass man die Feldspulen mit einer Compoundwicklung versieht oder eine besondere Spule in einer der Feldspulen anbringt, die in Serie mit dem Anker liegt und so abgeglichen



ist, dass der Einfluss derselben auf die Drehbewegung den Reibungswiderständen das Gleichgewicht hält. Statt der Compoundspule kann man auch einen permanenten Magneten verwenden.

Die Zugkraft der Anlaufsspule steigt mit dem Quadrate der wachsenden Spannung, die des Anlaufmagneten im linearen Verhältnis. Um aber für Zähler, die an stark veränderliche Spannungen angeschlossen sind, diese Zugkraft konstant zu erhalten, kann man einen permanenten Magneten und eine Compoundspule gleichzeitig so anbringen, dass diese im entgegengesetzten Sinne auf den Anker einwirken. Die Differenz der Zugkräfte kann aber in weiten Grenzen durch passende Wahl der Verhältnisse konstant erhalten werden. (s. Fig. 108 schraffierte Fläche).

Es hat sich nun in der Praxis ergeben, dass es unmöglich ist, die Reibungswiderstände, welche durch die Zapfen-, Räderreibung u. s. w. entstehen, genau sich gleichbleibend zu erhalten. Es kann vorkommen, dass diese Widerstände mit der Zeit sich

durch Einlaufen vermindern, und somit die Anlaufsspule zu kräftig wirkt, das Zusatzdrehmoment überwiegt, und der Zähler verfällt dann in den schwersten Fehler: zu zählen, ohne dass Energie verbraucht wird.

Kaum eine andere Unart kann einen Zähler in den Augen des Konsumenten mehr herabsetzen als diese. Zur Beseitigung dieses Übels wurden die verschiedensten Wege eingeschlagen. Die E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. fügt dem Instrument absichtliche Reibungswiderstände hinzu, welche in der Grösse sich gleichbleibend und beträchtlich gegen die an und für sich auftretenden Zapfenreibungen etc. sind. Die ursprünglichen Reibungen machen sich dann nur als Differenzwirkungen schädlich bemerkbar. Es haben diese künstlichen Reibungen gegenüber den ursprünglichen den Vorteil, dass sie auf ein bestimmtes Mass je nach Bedürfnis eingestellt werden können. Das Gleich-

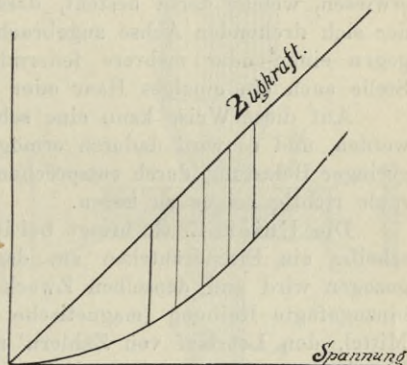


Fig. 108.

gewicht zwischen den Reibungswiderständen und der Zugkraft der Anlaufspule kann aber ausserdem durch Verstellung der Spule hergestellt werden. — Zur Ausführung einer solchen Zusatzreibung kann ein Gewicht oder die Kraft einer Feder benutzt werden, indem an irgend einer geeigneten Stelle des beweglichen Teiles des Mechanismus passende Materialien zur gegenseitigen Reibung gelangen. Es kann z. B. ein Cylinder aus Metall von einer ebenfalls metallischen einstellbaren Feder gepresst werden, es kann auch ein Gewicht auf einer Scheibe aufliegen. Als praktisch hat sich eine besondere Anordnung erwiesen, welche darin besteht, dass ein Anschlag, welcher an der sich drehenden Achse angebracht ist, bei jeder Umdrehung gegen einen oder mehrere federnde Pinsel streift, an deren Stelle auch ein einziges Haar oder Glasfaden treten kann.

Auf diese Weise kann eine sehr konstante Reibung erzielt werden, und es wird dadurch ermöglicht, den Zähler auch bei geringer Belastung durch entsprechende Einstellung der Anlaufspule richtig zeigen zu lassen.

Die Union E. G. bringt bei ihren Zählern an der Bremscheibe ein Eisendrättchen an, das vom Bremsmagneten angezogen wird und denselben Zweck erfüllt, wie eine künstlich hinzugefügte Reibung (magnetische Reibung). — Ein weiteres Mittel, den Leerlauf von Zählern zu verhüten, ist die Kombination von Zusatzspulen mit bestimmten Spulen des Ankers, welche erstere so geschaltet sind, dass ihre magnetisierende Wirkung die der Ankerspule verringert. Hierdurch wird das Drehmoment so geschwächt, dass der Anker stehen bleibt, wenn die Stromabnehmer auf den entsprechenden Kommutatorsegmenten aufliegen. In anderer Weise kann die Schwächung des Drehmomentes so ausgeführt werden, dass der Einfluss der Compoundierungsspule periodisch während der Bewegung des Zählers aufgehoben bzw. geschwächt wird, dadurch, dass ein Nebenschluss zur Compoundierungsspule aus- und eingeschaltet und daher der Einfluss derselben verringert wird.

Luigi Cauro will die Möglichkeit des Arbeitens des Zählers, ohne dass ein Stromverbrauch stattfindet, dadurch verhüten, dass ein Elektromagnet vorgesehen wird, der unter dem Einfluss des Verbrauchshauptstromes steht und bei offenem Hauptstrom den Anker festhält, ihn aber freigiebt, sofern in der Verbrauchsstelle der Strom geschlossen wird. — Das Festhalten des Ankers kann auf verschiedene Weise geschehen. Als



einfachste Konstruktion empfiehlt es sich, den unter der Kontrolle des Hauptstromes stehenden Elektromagneten eine auf die Drehwelle des Zählers wirkende Bremse beeinflussen zu lassen. Eine andere Ausführungsform besteht darin, dass man die Spule des Hilfsfeldes kurz schliesst oder auch dass man den Anker des Zählers ausschaltet oder kurz schliesst.

Ausser der Anbringung von Compoundspulen zur Kompensation der passiven Widerstände, die jedoch stets auch eine der vorhergenannten Vorrichtungen zur Verhütung des Leerlaufs bedürfen, sind noch eine Reihe anderer Vorrichtungen für denselben Zweck angegeben worden. — Evershed und Vignoles in London versucht die Lagerreibung durch eine magnetische

Achslagerentlastung zu kompensieren. Es wird zu diesem Zwecke ein Pol N oberhalb der senkrechten Welle (Fig. 109) angebracht und zwar so, dass

keinerlei die Drehung hemmende Momente durch die auftretenden Kraftlinien erzeugt werden, diese also sich in der geometrischen Achse der Welle oder deren unmittelbaren Nähe konzentrieren.

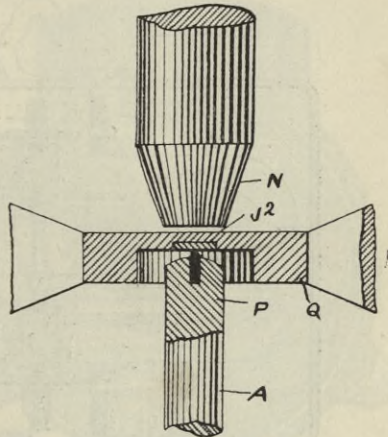


Fig. 109.

Eine ähnliche Einrichtung wurde von W. Stanley in Great Barrington angegeben und ist in Fig. 110 dargestellt. Zwischen den Polen bc des Magneten a ist ein feiner Stahldraht e straff ausgespannt und zentral durch die Achse d geführt. Letztere ist aus magnetischem Material hergestellt und wird in der Längsrichtung in der Schwebe gehalten zwischen einem im oberen Polschuh b befestigten Pflock f aus weichem Stahl und einem im unteren Polschuh c befestigten Pflock g aus diamagnetischem Material. Dieser letztere ist mit einem Mantel k aus weichem Eisen versehen, welcher einen einwärts gerichteten Flansch h besitzt und durch diesen eine magnetische

Anziehung auf einen Flansch *i* der Achse *d* ausübt. (s. auch Abschnitt C, 3b).

Die Deutsch-Russische Elektrizitätszähler-Gesellschaft hat vorgeschlagen, den Anker im Schwerpunkt an einem Torsionsfaden aufzuhängen, welcher noch zum Schutz gegen äussere starke Stösse mit Federn verbunden sein kann. Nach je  $90^{\circ}$  Drehung wird die Entspannung des Fadens durch ein Relais bewirkt.

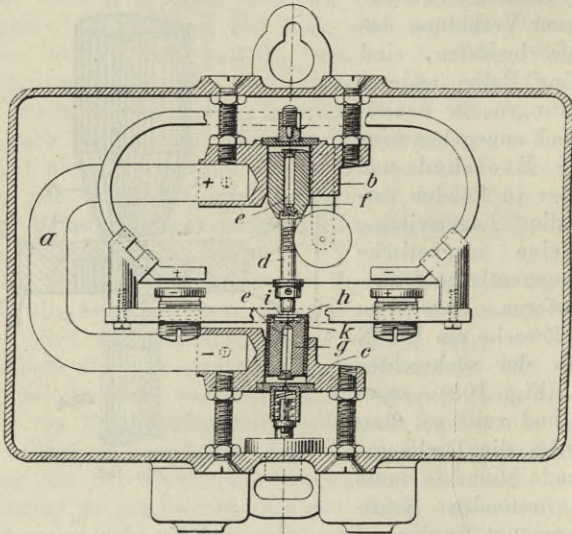


Fig. 110.

Die Unabhängigkeit des Motors von der Reibung der Bürsten und des Zählwerkes haben einige Konstrukteure dadurch zu erreichen versucht, dass sie den Kollektor nicht auf der Ankerwelle, sondern unabhängig von derselben drehbar anordneten und denselben, sowie das Zählwerk von einer besonderen Kraftquelle (Feder- oder Gewichtstriebwerk, Elektromotor oder dergl.) aus antrieben. Es wird aber die Bewegung des Kollektors bzw. der denselben treibenden Kraftquelle von der Bewegung des Zählermotors selbst abhängig gemacht, indem, wie bei der Konstruktion von Dr. Hiecke, letzterer bei der Rotation die Hemmvorrichtung, welche den Kollektor oder die



denselben treibende Kraftquelle für gewöhnlich hemmt, zeitweise auslöst.

Die Deutsch-Russische Elektrizitätszähler-Gesellschaft m. b. H. ersetzt den Kollektor nebst Schleifbürsten durch einen nach Art der Momentschalter in Installationen gebauten, periodisch bethätigten Umschalter, der durch einen gesonderten Elektromagneten angetrieben wird. Ebenso wird der Antrieb des Zählwerkes periodisch durch den Elektromagneten bewirkt.

Fig. 111 zeigt diesen sogenannten Reversiermotorzähler in Ansicht.

In Fig. 112 ist schematisch die Schaltung der elektrischen Organe dargestellt. Die Ankerwicklung besteht aus vier Abteilungen und enthält, um wie bei den schon vorher beschriebenen Wattstundenzählern den Apparat für Gleich- und Wechselstrom brauchbar zu machen, keinerlei Eisen, so dass der Zähler wie ein reines Wattmeter misst. Um die Motorankerachse 1 (Fig. 112) ist der Träger 2 der Stromschlusstücke 3-3 beweglich, welche federnd an die gegenüberliegenden Kontaktflächen des doppelpoligen Umschalters gepresst werden und die Spannung den an diesen angeschlossenen Wicklungsabteilungen des Motorankers 5 unter Mitwirkung der isoliert befestigten Federn 6-6 zuführen. Unterhalb des messenden Systems befindet sich gesondert der zur periodischen Umschaltung der Ankerpole und zum Antrieb des Zählwerkes dienende einfache Reversier-Elektromagnet 7 mit seinem periodisch hin und her zu bewegendem Anker 8.

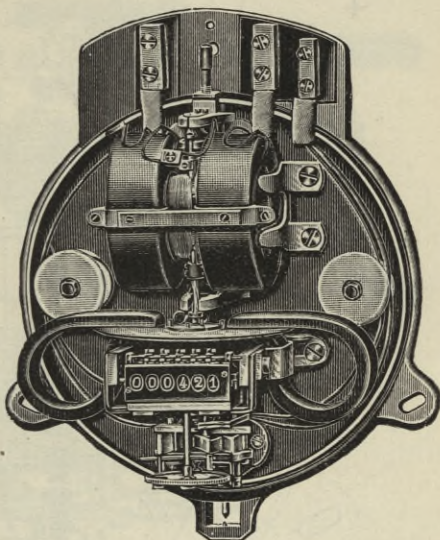


Fig. 111.

Um die Motorankerachse 1 (Fig. 112) ist der Träger 2 der Stromschlusstücke 3-3 beweglich, welche federnd an die gegenüberliegenden Kontaktflächen des doppelpoligen Umschalters gepresst werden und die Spannung den an diesen angeschlossenen Wicklungsabteilungen des Motorankers 5 unter Mitwirkung der isoliert befestigten Federn 6-6 zuführen. Unterhalb des messenden Systems befindet sich gesondert der zur periodischen Umschaltung der Ankerpole und zum Antrieb des Zählwerkes dienende einfache Reversier-Elektromagnet 7 mit seinem periodisch hin und her zu bewegendem Anker 8.

Die Wirkungsweise ist nun die folgende: Der zwischen den festen Hauptstromspulen drehbare, in den Nebenschluss ge-

schaltete Anker 5 hat infolge der elektrodynamischen Anziehung das Bestreben, sich etwa um eine halbe Drehung nach links zu bewegen und nimmt hierbei die durch den Umschalter 4 zeitweise federnd mit ihm gekuppelten Stromschlusstücke 3-3 nebst

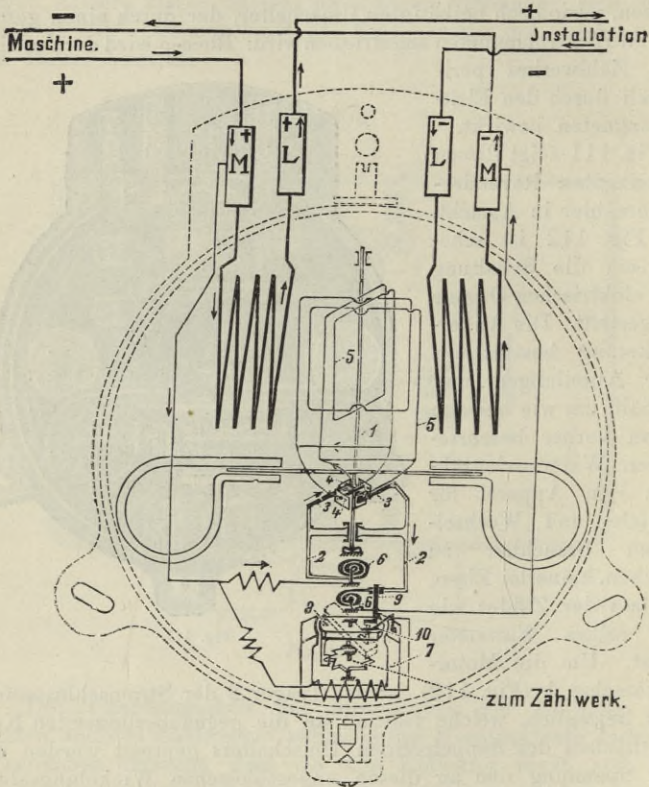


Fig. 112.

deren Trägerarm 2 ebenfalls mit herum, bis nach einer Vierteldrehung sein Kontaktanschlag 9 die Stromschlusstelle 10 des Elektromagneten 7 trifft und diesen momentan erregt. Der hierdurch angezogene Elektromagnetanker 8 wirft nun den Träger 2 nebst den Stromschlusstücken 3-3 wiederum eine Vierteldreh-



ung schnell nach rückwärts (nach rechts) auf die beiden anderen Seiten des Umschalters 4. Der rotierende Anker 5 erhält durch die um  $90^{\circ}$  verschobene Lage der Stromschlusstücke 3-3 auf dem Umschalter die entgegengesetzten Pole und setzt infolge dessen mit erneuter Zugkraft seine Rotation nach links fort, bis sich nach einer weiteren Vierteldrehung dasselbe Spiel des Reversierschalters wiederholt. Der Anker 8 des Elektro-

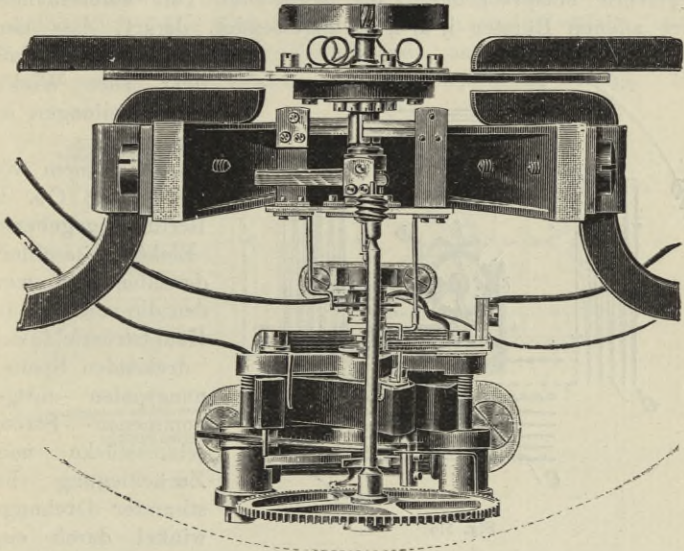


Fig. 113.

magneten 7 wird stets durch eine Feder wieder in seine ursprüngliche Lage zurückgeführt. Figur 113 zeigt die Ansicht des Reversierschalters.

Der Zähler arbeitet, wie aus der Wirkungsweise hervorgeht, mit pulsierender Zugkraft; das Ankerdrehmoment nimmt vom Höchstwert beim Beginn der Vierteldrehung bis zum Endpunkte derselben ab, um dann durch die Umschaltung wieder auf den Höchstwert zu steigen. Eine Anlaufunterstützung zur Überwindung der noch vorhandenen passiven Widerstände erhält das bewegliche messende System durch die Stromzuführungsfedern 6-6, welche bei jeder Umschaltung periodisch nachgespannt werden.

Zur Erreichung hoher Zugkraft hat die Deutsch-Russische Elektrizitätszähler-Gesellschaft noch eine Schaltungsweise des Ankers angegeben, welche in Figur 114 dargestellt ist. Es ist dabei je ein Ende jeder Wicklungsabteilung a, b, c, d, von denen die gegenüberliegenden a, c bzw. b, d paarweise hintereinander geschaltet sind, mit je einem Kollektorsegment e, f, g, h verbunden, und es wird eine der Zahl der Segmente entsprechende Zahl von zum Teil untereinander verbundenen Bürsten i, k, l, m angewendet, derart, dass eine

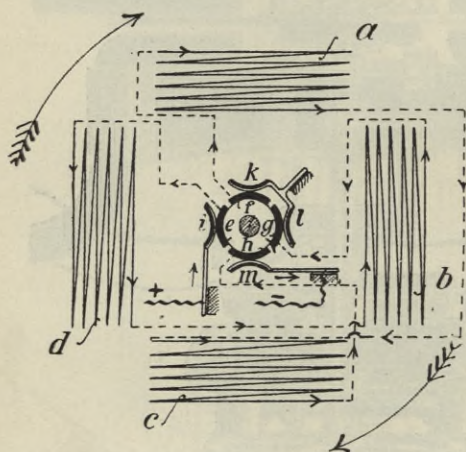


Fig. 114.

Hintereinanderschaltung aller Wicklungsabteilungen erzielt wird.

Bei einem von Wirth & Co. in Berlin angegebenen Elektrizitätszähler derselben Art werden die von den im Hauptstromfeld sich drehenden Spannungspulen mitgenommenen Stromschlussstücke nach Zurücklegung bestimmter Drehungswinkel durch eine alsdann ausgelöste,

zur gleichzeitigen Fortschaltung des Zählwerks dienende Antriebsvorrichtung auf einem mit den Spannungsspulen verbundenen Umschalter behufs Weiterdrehung desselben um den bisher zurückgelegten Winkel wieder rückwärts verschoben.

Die Bürstenreibung am Kollektor versucht die E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. durch einen Zahnradkollektor auf das Mindestmass herabzudrücken.\*) Kollektor und Stromzuführungsteile werden als Zahnräder ausgebildet. Ersterer ist in axialer Richtung in so viel Teile geteilt, als der Anker Wicklungsabteilungen besitzt. Die Einschnitte fallen in die Zahnluken und sind mit Isolationsmaterial ausgefüllt.

\*) E. R. 1901/1902 Heft 6.



Bei den neuesten Zählern von Dr. Brugger der Firma Hartmann & Braun A.-G. wird die Bürstenreibung dadurch auf einen ganz geringen Betrag herabgemindert, dass eine Schaltung des Ankers verwendet wird, welche nur eine Bürste erfordert. Es sind drei Spulen angeordnet, welche um  $120^{\circ}$  gegeneinander versetzt sind. Je ein Ende derselben ist mit einer Lamelle des dreiteiligen Kollektors verbunden, während die drei anderen Spulenden zu einem gemeinsamen Punkte geführt sind. Die drei Kollektorlamellen sind ebenfalls, unter Vorschaltung geeigneter Widerstände an einen gemeinsamen Punkt geführt, von welchem die Stromzuführung erfolgt. Die

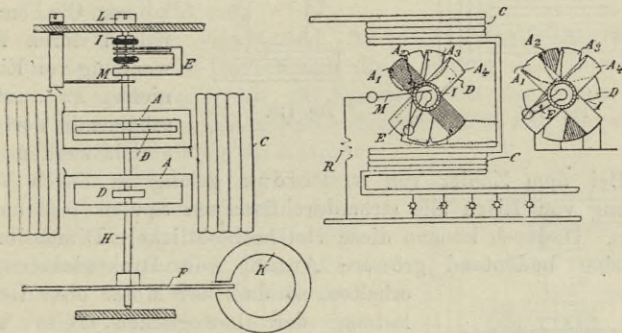


Fig. 115 bis 117.

Stromabnahme geschieht durch eine auf dem Kollektor schleifende Bürste. Die wirksamen Spulen sind so gewickelt, dass ihre Windungen vom Kollektor in gleichem Sinne verlaufen, und werden vom Strome so durchflossen, dass immer zwei derselben gleiche Polarität, die dritte aber, durch welche ein doppelt so starker Strom wie in den beiden anderen fließt, eine jenen entgegengesetzte erhält. Auf diese Weise wird der Reibungsfehler so verkleinert, dass man ohne Hilfsvorrichtungen für ein zusätzliches Drehmoment auskommt.\*)

Auch zur Vermeidung der Reibung im Zählwerk sind Methoden angegeben worden. S. Evershed\*\*) gab eine Vor-

\*) S. E. T. Z. 1902 Heft 27.

\*\*) D. R. P. 114 439.

richtung an, bei dem das Zählwerk nicht direkt durch eine Schraube ohne Ende von der Motorwelle angetrieben wird, sondern die Zählwerksbedienung elektromagnetisch erfolgt.

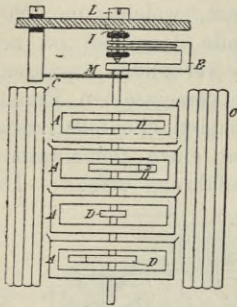


Fig. 118.

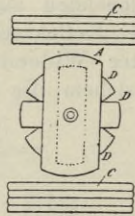


Fig. 119.

Wie schon des öfteren bemerkt, verwendet man in den Motorzählern Eisen nach Möglichkeit nicht, um den Zähler auch für Wechselstrom benutzen zu können. Oft können jedoch durch Anwendung von Eisen nicht zu unterschätzende Vorteile erzielt werden.

Bei dem Zähler von A. Peloux gelang es durch Verwendung von Eisen alle stromdurchflossenen Spulen fest anzuordnen. Dadurch können diese viel beträchtlichere Dimensionen und eine bedeutend grössere Anzahl von Drahtwickelungen erhalten, so dass der Motor ohne Überlastung der beweglichen Teile vergrößert werden kann.

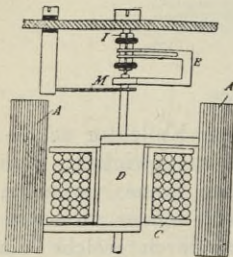


Fig. 120.

Die Anordnung ist schematisch die folgende:\*) Vier Spulen  $A_1$  und  $A_4$  (Fig 115—122) durchkreuzen sich derartig, dass  $A_1$  und  $A_4$  einen rechten Winkel einschliessen. Sie werden nacheinander in den Hauptstromkreis eingeschaltet, zu welchem Zwecke sie alle mit dem einen Pol direkt, andererseits mit je einer Lamelle des festen Kollektors J verbunden sind, welchem die

Bürste E von dem anderen Pole den Strom zuführt. Auf der Vertikalachse, die den Kollektor trägt, sind zwei weiche Eisenstücke D angebracht, welche sich in einem ähnlichen Spulensystem A befinden. Die Eisenstücke D und die Spulen

\*) s. D. R. P. 103 008. Écl. él. 1901. Z. f. B. 1901.



A stehen im rechten Winkel zu einander, das heisst, die unteren Spulen nehmen die beiden Viertel des Kreises ein, den die oberen Spulen freilassen. Die Scheibe F bildet wieder die bekannte Wirbelstrombremse mit dem Magneten K. Wenn der Hauptstrom die Spule B durchfliesst, stellt sich das weiche Eisenstück D in die Richtung der Resultante der von A und B erzeugten Felder ein.

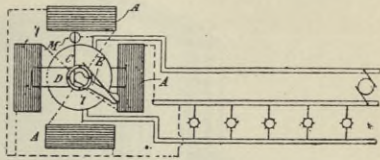


Fig. 121.

Der Kollektor dreht sich um eine Lamelle weiter und  $A_2$  wird erregt,  $A_1$  dagegen stromlos. Demnach ändert sich die Richtung der Resultanten. Das Spiel geht weiter bis zu  $A_4$ , dann tritt der Strom in das untere System über. Jede Spulengruppe A tritt also nur während einer Viertelumdrehung in Aktion.

Der Zähler wird in zahlreichen Modifikationen ausgeführt. Einmal sind die Spulen A sämtlich untereinander parallel (Fig. 121) geschaltet, die Kerne D dagegen auf der ganzen Peripherie verteilt; die Spulen A werden nacheinander vom Strom durchflossen, die Wirksamkeit ist also dieselbe. Bei einem anderen Modell hat das Eisenstück D ungefähr die Form eines Z (Fig. 120, 121) und befindet sich innerhalb der mit dickem Draht umwickelten Spule C. Diese wird umschlossen von den Spulen A, die wiederum nacheinander vom Strom erregt werden, so dass D sich kontinuierlich herumdreht. Diese Art Armatur kann auch innerhalb

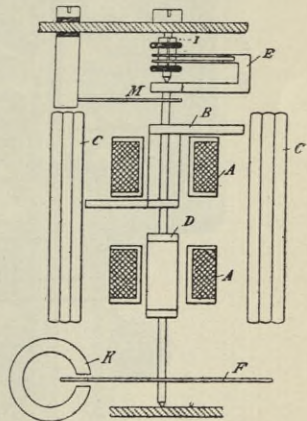


Fig. 122.

der Spule A (Fig. 122) angebracht werden, indem dann in dieser durch den Kollektor die Stromrichtung geändert wird. Um den toten Punkt zu vermeiden, verdoppelt man das System und versetzt die Pole von D um  $90^\circ$ .

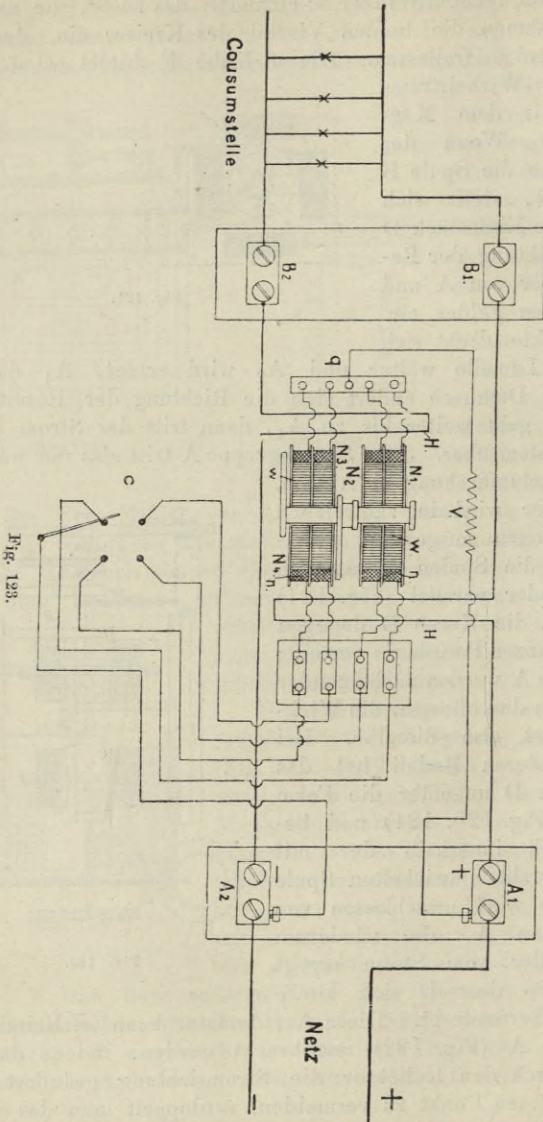


Fig. 123.



Die letztere Anordnung verwenden Siemens & Halske A.-G. bei ihren sogenannten Flügelwattstundenzählern für Gleich-

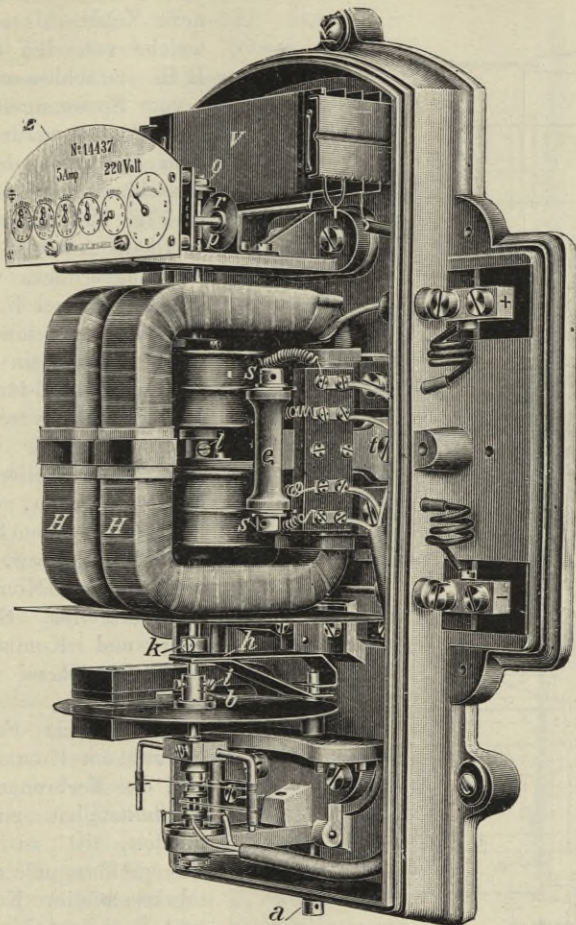


Fig. 124.

strom, dessen Schaltungsschema Fig. 123 zeigt, und ohne weitere Erklärung aus Obigem verständlich ist. Aus Fig. 124 und 125 sind die einzelnen Teile des Zählers erkenntlich. H, H sind

zwei aus Kupferdraht gewickelte Spulen, welche vom Hauptstrom durchflossen werden.  $N_1, N_2, N_3$  und  $N_4$  sind vier auf den Böcken e angeordnete Nebenschlusspulen, welche von den Spulen HH umschlossen und vom Spannungsstrom durchflossen werden. In dem Hohlraum der Nebenschlusspulen ist die in Fig. 126 dargestellte vertikale Achse R drehbar angeordnet, welche die Eisenflügel F trägt, die paarweise um  $180^\circ$  versetzt durch ein Eisenrohr zu einem Z-förmigen Eisenkörper vereinigt sind. Auf der Achse sitzt ferner isoliert der Bürstenträger u, dessen Bürsten auf einem Silberschleifring g bzw. einem vierlamelligen Kommutator c schleifen. Schleifring und Kommutator sind feststehend angeordnet.

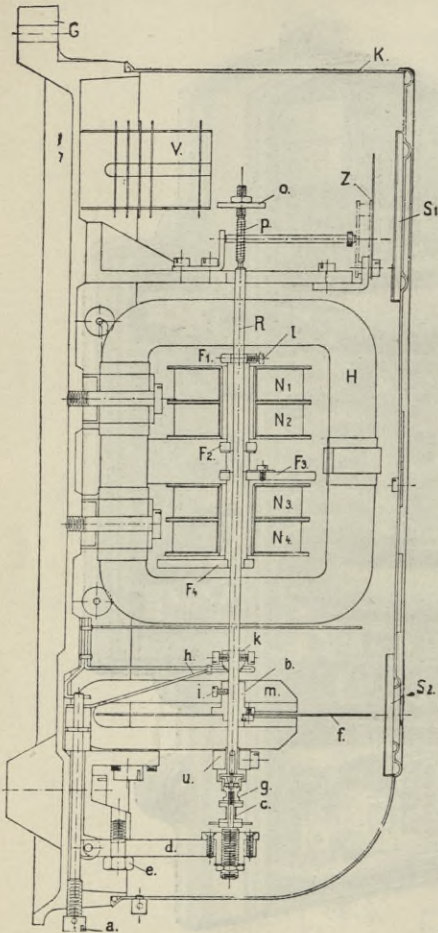


Fig. 125.

Um eine Funkenbildung am Kommutator und das Verbrennen der Kontaktstellen zu vermeiden, ist zu jeder Nebenschlusspule ein induktionsfreier Nebenschluss gelegt, in welchem, wie beim Luxzähler, der auftretende Öffnungsstrom verläuft. Diese Nebenschlüsse n (Fig. 125) bestehen aus Manganindraht, und sind bifilar auf die unifilaren Kupferwindungen w aufgewickelt. Die Übertragung der Um-



drehungszahl erfolgt, wie auch bei den anderen Motorzählern, durch eine Schraube ohne Ende  $p$  auf das Zählwerk.

Auch G. Hookham\*) verwendet bei seinem in Fig. 127—131 dargestellten Zähler Eisen im Anker. Dieser letztere ist aus dünnem Blech hergestellt, die zu einem Bündel vereinigt und an einer Stelle aufgeschnitten sind; dort schiebt man die einzeln für sich gewickelten Spulen  $B$  auf und verbindet dann die Ringenden. Dadurch wird der Wirkungsgrad des Ankers bei gleichem Stromverbrauch beträchtlich vergrößert. Ferner ist, da dieser Eisenanker in einem vollständig geschlossenen magnetischen Kreise rotiert, der sich ungefähr gleich bleibt, wenn die Voltzahl konstant ist, keine Hysteresis zu befürchten. Die Ankerspulen werden, wie bereits erwähnt, gesondert gewickelt, weshalb sie ohne Schwierigkeit aus zahlreichen Windungen sehr feinen Drahtes hergestellt werden können. Die Spulen sind, wie beim Grammeschen Ring, an die Lamellen des Kollektors  $S$  geführt.

Da das Schleifen der Bürsten am Kollektor bei schwacher Ladung merkliche Fehler verursachen kann, so wird mit der Intensität jene Erscheinung geändert. Der Teil des Kollektors, auf dem die Bürsten schleifen, ist sehr schwach konisch geformt; zwei kleine Bürsten  $P$  (Fig. 129) aus dünnem Platindraht werden von den an einer Querleiste befestigten Eisenstücken  $R_1$  und  $R_2$  getragen. Auf diesen lasten zwei Eisenstangen  $T$ , welche in die kleinen Solenoide  $G_1$  und  $G_2$  hinein ragen. Bei schwachem Strom werden die Bürsten nur durch das Gewicht dieser Stangen angedrückt, bei wachsender Stromstärke kommt dazu noch der durch die Anziehungskraft der

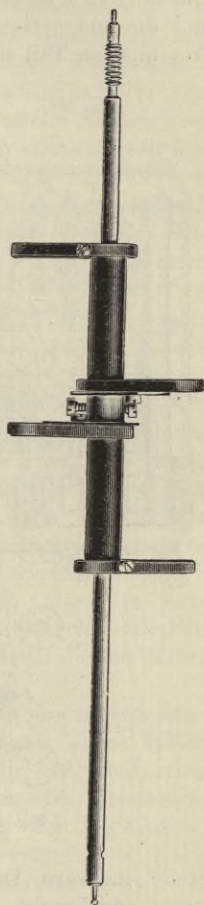


Fig. 126.

\*) s. Armagnat. Écl. él. 1901 u. Z. f. B. 1901.

Solenoide ausgeübte Druck. — Die Magneten I (Fig. 131) haben an den Polen eine Einschnürung J erhalten. Dieselbe hat den Zweck, den Querschnitt des magnetischen Kreises zu verkleinern und die magnetische Sättigung an diesen Punkten zu sichern. Am unteren Teil sind zwischen dem Pol und der eingeschnürten

Fig. 127.

Fig. 131.

Fig. 128.

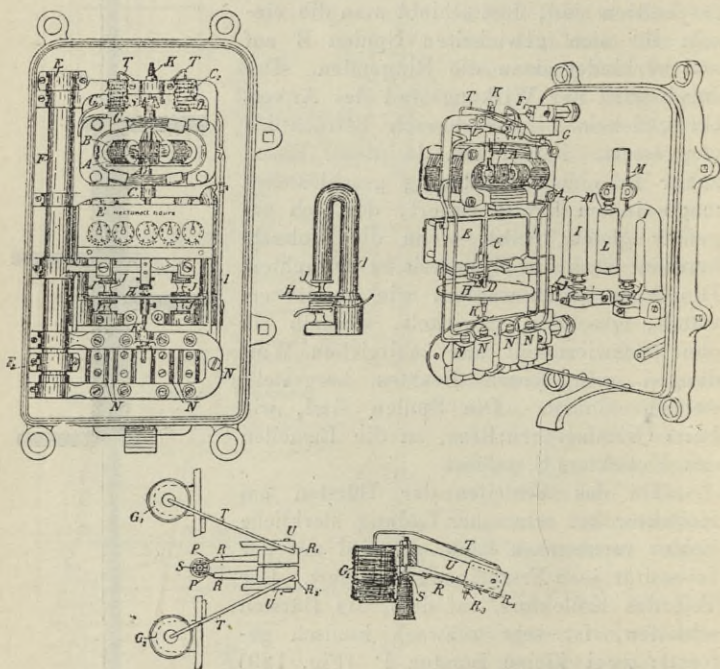


Fig. 129.

Fig. 130.

Stelle mehrere Drahtwindungen im Nebenschluss zum Hauptstrom angebracht. Je nach den Umständen steigern oder verringern diese die Wirkung des Magneten und sichern so die Genauigkeit bei voller Belastung; sie können ohne die Permanenz des Magneten zu gefährden, die Feldstärke um  $\pm 5\%$  verändern. Eine im Nebenschluss zum Anker um den Eisenkern M gewickelte Spule soll den Leerlauf des Zählers verhindern.



Soll einer der bisher genannten dynamometrischen Wattstundenzähler in einer Mehrleiteranlage Verwendung finden, muss die Anbringung der beiden vom Verbrauchsstrom durchflossenen Feldspulen so geschehen, dass eine Justierung vorgenommen werden kann; es muss also eine Spule wenigstens in gewissen Grenzen sich in Richtung des Kraftlinienfeldes vor- und rückwärts verschieben lassen, um eine ähnliche Abgleichung auf gleiche Strommomente herbeiführen zu können, wie bei bestimmten Messungen mit einem Differentialgalvanometer erforderlich ist. In welcher Weise diese Abgleichung geschieht, wird im dritten Teile dieses Buches erörtert werden. Die Spannungsspulen bei Dreileiterzählern können entweder an einen Aussenleiter und den O-Leiter oder an beide Aussenleiter angeschlossen werden. Für den ersteren Fall ist angenommen, dass die Spannungen zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Drähten gleich ist. Dies trifft jedoch nicht immer zu. Bary\*) hat auf die Fehler aufmerksam gemacht, welche hierdurch entstehen können. Sind z. B. zwischen dem einen Aussenleiter und dem Nullleiter Lampen eingeschaltet, so wird die Spannung zwischen dem anderen Aussenleiter und Nullleiter steigen, wenn nicht die Teilspannungen konstant gehalten werden. Es zeigt dann der Zähler mehr Energie an, als thatsächlich konsumiert wird. Für Fünfleiteranlagen sind vier Stromspulen vorzusehen, welche so dimensionieren sind, dass je eine Spule die doppelte Wirkung einer mitkombinierten ausübt, und die gleiche Wirkung mit einer zweiten äquivalenten Kombination.

Zähler ohne Eisen wie der Schuckert-, Thomson- und Luxzähler können in Wechselstromnetzen nur dann ohne Fehler in der Messung Verwendung finden, wenn die Selbstinduktion der Spannungsspule keine merkliche Differenz der Phasenverschiebungen des Stromes und der Spannung der Installation, und der zur Messung verwandten Ströme hervorruft. — Nach Gleichung (3a) ist der Effekt im Wechselstromkreise  $\mathcal{E} = J \cdot E \cos \varphi$ , wobei J und E Verbrauchsstrom resp. Spannung und  $\varphi$  der Winkel der Phasenverschiebung zwischen beiden ist. Infolge der Selbstinduktion der Spannungsspule tritt aber auch eine Phasenverschiebung  $\chi$  zwischen E und dem dieser Spannung proportionalen Strom  $i$  auf und es ist dann:

---

\*) s. Ind. é. l. 1898.

$$\mathcal{E} = (J \cdot E \cdot \cos \varphi) \cdot \cos \chi \cdot \frac{\cos(\varphi - \chi)}{\cos \varphi}$$

wobei ist:

$$\chi = \operatorname{arctg} \frac{2\pi\nu L_E}{W_E}.$$

Hierin bedeutet  $\nu$  die Frequenz des Wechselstromes,  $L_E$  und  $W_E$  den Selbstinduktionskoeffizienten resp. Widerstand der Spannungsspule. Da  $\cos \chi$  gewöhnlich klein ist, so kann die Korrektur  $\frac{1}{\cos \chi}$  leicht angebracht werden. Der Faktor  $\frac{\cos(\varphi - \chi)}{\cos \varphi}$  ist dagegen von  $\varphi$  abhängig und kann auch bei kleinem  $\chi$  oft gross werden. Um eine korrektionsfreie Messung zu erhalten, stellt Bláthy\*) die beweglichen Spulen aus zwei gleichen entgegengesetzt gewickelten Teilen her, von denen einer mit einem induktionsfreien Widerstand, der andere mit einer Kapazität hintereinander geschaltet ist. Diese Methode ist jedoch nur für das Laboratorium brauchbar, aber nicht für die Praxis, da der Zähler sich sehr verteuern würde und ferner den Nachteil hat, dass die Abgleichung nicht mehr richtig ist, sobald der Strom von der Sinusform abweicht.

Eine von Theodor des Coudres angegebene Vorrichtung eignet sich für Wechselstromzähler besser und hat den Vorzug, dass die Unabhängigkeit der Angaben des Instrumentes von der Phasenverschiebung  $\varphi$  auch bei beliebigem  $\nu$  bestehen bleibt. Des Coudres schaltet parallel zur Hauptstromspule, die den Selbstinduktionskoeffizienten  $L_a$  und den Widerstand  $W_a$  haben möge, einen induktionsfreien Widerstand  $W_n$  und gleicht diese so ab, dass die Proportion besteht:  $\frac{L_E}{W_E} = \frac{L_a}{W_a + W_n}$ . Es wird so der Ampèrespulenstrom um denselben Winkel  $\chi$  gegen den Gesamtstrom im äusseren Kreise zurückbleiben, wie der Strom in der Voltspule gegen die Spannung.\*\*\*) Die Durchrechnung der Anordnung ergibt, dass der Korrektionsfaktor jetzt wird:

\*) Bláthy, El. London 20 S. 612. Feldmann, Wechselstromtransformatoren S. 268.

\*\*) s. Des Coudres, D. R. P. No. 109 030.



$$\frac{1}{\cos \chi \cdot \left( \cos \chi - \sin \chi \cdot \frac{W_a}{2\pi r L_a} \right)}$$

also unabhängig von  $\varphi$  und bei hinreichend kleinem  $W_a$  gleich wird:

$$\frac{1}{\cos^2 \chi}$$

also meist vernachlässigbar wird.

Solche Korrektionsvorrichtungen werden wohl meistens sich nur bei Normalzählern zur Anbringung verlohnen, da die Grösse der Abweichung der Angaben eines gewöhnlichen Zählers von dem wirklich verbrauchten Effekt gegenüber den Mehrkosten der Korrektionsvorrichtung nicht ins Gewicht fällt.

Für Drehstromanlagen kann man entsprechend den im ersten Teile aufgestellten Gleichungen zwei einzelne Zähler zur Messung verwenden, oder besser, man verbindet beide Zähler

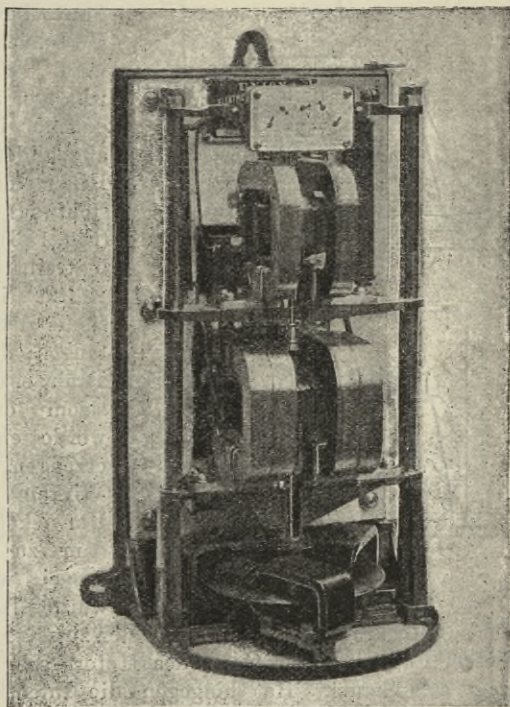


Fig. 132.

durch eine gemeinschaftliche Achse und schaltet nach Aron oder Bauch, wie Fig. 3 und 6. Fig. 132 zeigt einen Thomsonzähler für Drehstrom nach diesem Prinzip. Um richtige Zähl-

werksangaben zu erhalten, ist selbstverständlich Bedingung, dass jeder der Zähler dieselbe Konstante hat. \* Für Drehstromanlagen mit 4 Leitungen können die Schaltungen Fig. 11—14 zur Konstruktion der Zähler benutzt werden.

Bevor zur Besprechung der Konstruktionen der nur für Wechsel- und Drehstrom geeigneten Induktionszähler übergegangen wird, möge noch eine Gruppe von Motorzählern erwähnt werden, welche darauf beruhen, dass die von einem Hilfsmotor herbeigeführte Bewegung durch den Verbrauchstrom beeinflusst wird. Hierhin gehört der von Ch. Schmidlin angegebene in Fig. 133—136 abgebildete Zähler.\*) Der Hilfsmotor desselben besteht aus einem Uhrwerk a

Fig. 133.

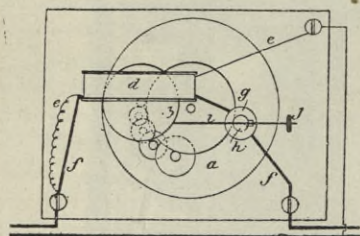
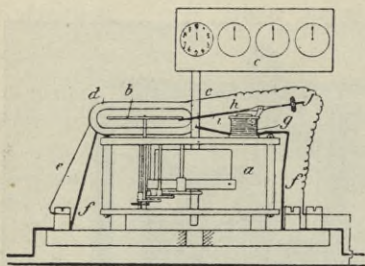


Fig. 134.

(Fig. 133), das eine Scheibe b treibt; diese steckt zur Hälfte in einer flachen Spule d mit zwei Bewicklungen; die eine aus feinem Draht e, die vom Spannungsstrom durchflossen wird, würde ein konstantes Feld erzeugen, wenn nicht ihre Wirkung durch die zweite Umwicklung f, die von dem zu messenden Strom gespeist wird, gestört werden würde. Infolgedessen ist das

Feld um so kräftiger, je schwächer der zu messende Strom ist. In diesem Fall wird der Gang des Motors sehr verzögert, er bewegt sich kaum. Hat hingegen die Intensität ihr Maximum erreicht, dann ist das Feld der Spule gleich Null, die Scheibe wird nicht zurückgehalten und der Motor hat seine grösste Geschwindigkeit. Zwischen diesen beiden äussersten Grenzen ist die Geschwindigkeit der zu messenden Intensität propor-

\*) s. Armagnat, Écl. él. 1901 und Z. f. B. 1901.



tional. Um zu verhindern, dass der Motor sich langsam dreht, wenn in der Spule kein Strom vorhanden ist, wird ein Bremsarm *i* mittels eines Gegengewichtes *j* an die Scheibe gedrückt. Sobald ein schwacher Strom in dem Stromkreis *f* und in der stromführenden Spule *g* kreist, wird dieser Arm angezogen und geht von der Scheibe ab, die sich dann wieder soweit frei drehen kann, als es die Spule *d* gestattet.

Der Apparat kann nur richtig zeigen, wenn die Spannung, an der die Spule *e* liegt, konstant ist, denn bei kleinerer Spannung würde das Instrument zu viel, und bei grösserer als die normale Spannung zu wenig zeigen. Die Angaben sind dem Verbrauchsstrom proportional, also der Apparat ein Ampère-stundenzähler.

Für Wattstundenzähler ersetzt Schmidlin die Spule durch einen permanenten Magneten *k* (Fig. 135, 136), der am Ende eines Hebels sitzt; dieser letztere ist an

der beweglichen Spule *e* eines Wattmessers befestigt. Je nach dem Energieverbrauch nähert sich der Magnet mehr oder weniger der Achse der Scheibe *b*, so dass diese, entsprechend der von ihr geschnittenen Kraftlinienzahl, eine der gemessenen Intensität proportionale Geschwindigkeit annimmt.

W. Arthur Price\*) benutzt als Hilfsmotor einen von einer besonderen Stromquelle angetriebenen Elektromotor, der, wenn keine Störungen vorhanden wären, mit konstanter Ge-

Fig. 135.

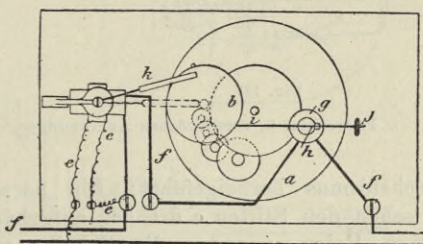
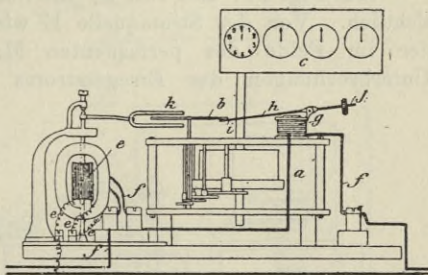


Fig. 136.

\*) s. Armagnat, *Él. él.* 1901 u. *Z. f. B.* 1901.

schwindigkeit laufen würde. Die Beeinflussung des Motors geschieht durch die elektrodynamische Wirkung zwischen dem zu messenden Strom und einem permanenten Magneten derart, dass der Motorstrom jedesmal unterbrochen wird, wenn die Geschwindigkeit im Verhältnis zu der zu messenden Intensität zu gross wird. So erhält der Motor eine Reihe von Anstössen, durch die seine mittlere Geschwindigkeit dem Strome immer proportional ist.

Aus Fig. 137 und 138 ist die Schaltung des Apparates ersichtlich. Von der Stromquelle  $E$  wird der Anker  $A$  gespeist, der im Felde des permanenten Magneten  $M$  rotiert. Die Unterbrechungen des Erregerstroms werden durch folgenden

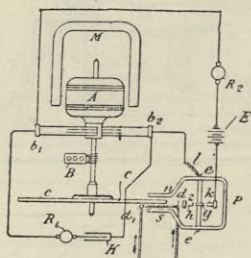


Fig. 137.

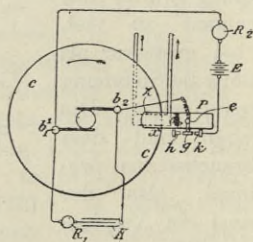


Fig. 138.

Pricezähler in verschiedenen Anordnungen. (s. auch Fig. 139—141.)

Mechanismus herbeigeführt: Ein permanenter Magnet  $P$  ist zwischen den Stiften  $e$  drehbar aufgehängt und umschliesst mit seinen Polen  $u$  und  $s$  die Scheibe  $c$ . Zwischen den Polen unterhalb der Scheibe ist ferner der vom Nutzstrome durchflossene Leiter  $d_1$  hindurchgeführt. Bei der Rotation der Scheibe  $c$  sucht nun letztere den frei schwingenden Magneten  $P$  mitzunehmen. Die Schwingungen sind jedoch durch die Stifte  $h$  und  $k$  begrenzt, an welche sich das mit dem Magneten fest verbundene Eisenstück  $g$  legt. Ist  $g$  mit  $h$  in Berührung, so ist der Stromkreis des Motors unterbrochen, und der Motor kommt zum Stillstande. Sobald aber der Leiter  $d_1$  Strom empfängt, arbeitet er der Wirkung der Scheibe entgegen, der Magnet kehrt zu dem Kontakt  $k$  zurück, der Stromkreis wird dadurch geschlossen, und der Motor beginnt wieder seine Rotation. Diese wird aber nur so lange aufrecht erhalten, bis



seine Geschwindigkeit und infolge dessen die auf den Magneten P ausgeübte Anziehung der Wirkung des Stromes in  $d_1$  äquivalent wird. Es stellt sich durch das abwechselnde Öffnen und Schliessen ein Gleichgewichtszustand her, wenn die Geschwindigkeit der Intensität des Nutzstromes proportional ist.

Statt den Stromkreis des Ankers zu unterbrechen, kann man den Anker auch kurz schliessen, und den Widerstand  $R_2$

Fig. 139.

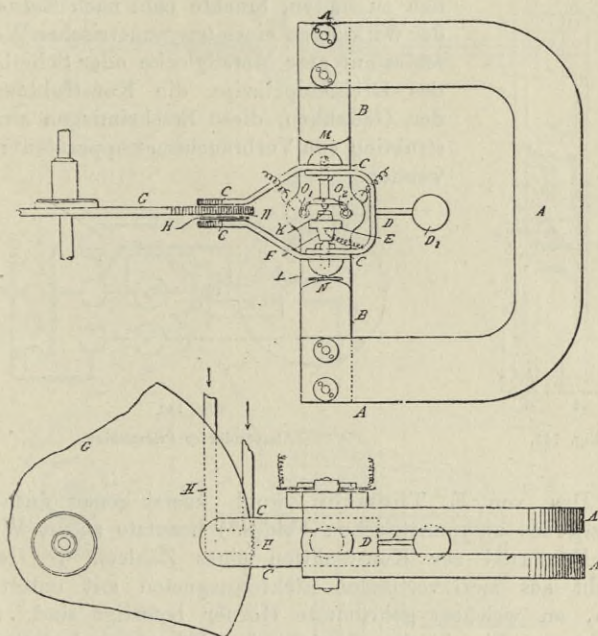


Fig. 140.

einfügen (Fig. 138). Im ersteren Falle ist zur Vermeidung des Öffnungsfunkens ein Kondensator K in Fig. 137—138 erforderlich. Im letzteren Falle findet eine unnötige Beanspruchung der Hilfsstromquelle statt. Die Kraft des Magneten P hat Price dadurch zu verstärken versucht, dass er denselben aus weichem Eisen herstellte und erst durch einen grossen Magneten A (Fig. 139—140) durch Influenz magnetisierte. In Fig. 143 u. 144

ist eine Anordnung gezeichnet, welche das magnetische Feld zu schwächen gestattet: An der einen Seite des aus den Eisenstücken C — C gebildeten Magneten befindet sich die Scheibe G, an der anderen der zu einer flachen Spule aufgerollte Leiter H.

b) Induktionszähler.

Das Verlangen, in den Verbrauchsmessapparaten möglichst wenig bewegliche Teile zu haben und diese so leicht wie möglich zu halten, brachte bald nach Entdeckung der Wirkungen eines unsymmetrischen Wechselfeldes auf eine Metallglocke oder Scheibe und des Drehfeldprinzips die Konstrukteure auf den Gedanken, diese Erscheinungen zur Konstruktion von Verbrauchsmessapparaten zu verwenden.

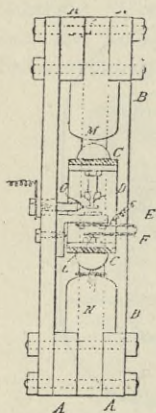


Fig. 141.

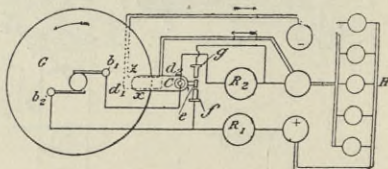


Fig. 142.

Abgeänderter Pricezähler.

Das von E. Thomson wohl zuerst genau formulierte Prinzip des unsymmetrischen Feldes\*) benutzte zuerst Wright und Ferranti zur Konstruktion eines Zählers.\*\*) Derselbe besteht aus zwei vertikalen Elektromagneten mit unterteiltem Kern, an welchem gekrümmte Hörner befestigt sind. Diese aus dünnen Eisenblechen bestehenden Hörner sind stellenweise durch Kupferband magnetisch gedrosselt und umfassen einen Raum, in welchem ein leichter Kupfer- oder Eisenhohlzylinder rotieren kann. Dieser Cylinder bildet den Rand eines leichten Rades mit vertikaler Achse, an welcher auch ein Zählwerk und eine Bremse in derselben Weise wie bei den vorher beschriebenen Motorzählern angebracht sind.

\*) Electrical World 1887. S. 258.

\*\*) E. T. Z. 1890. S. 383.



Die Drosselung der gekrümmten Eisenhörner zwingt das rasch wechselnde Feld, die Form einer lateralen Diffusion der

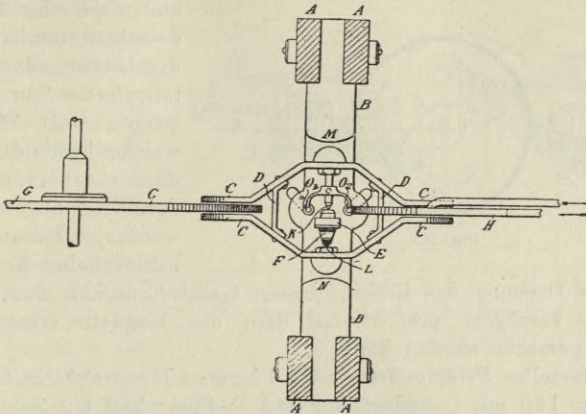


Fig. 143.

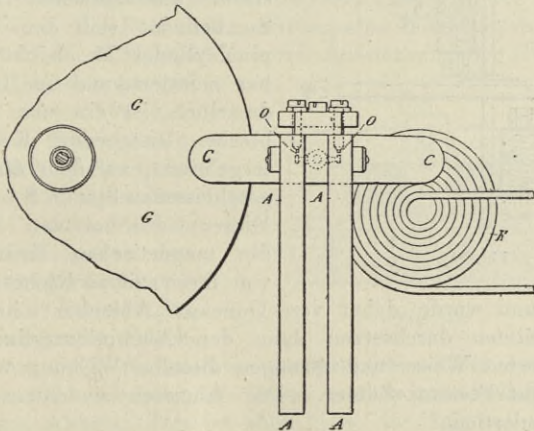


Fig. 144.

Abgeänderter Pricezähler.

Kraftlinien von den Seiten der Hörner anzunehmen. Thatsächlich wandert eine Reihe von entgegengesetzten Magnetpolen

die Hörner von der Basis entlang gegen die Spitze. Diese Pole werden durch eine Reihe von Kraftlinienbündeln dargestellt, welche lateral aus den Seiten des Hornes hervorgehen

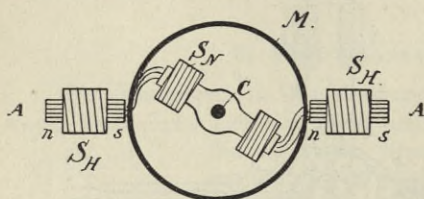


Fig. 145.

und nach der Spitze desselben wandern. Sie durchsetzen den Metallcylinder und erzeugen dort Ströme, welche beständig von dem sie hervorrufenden Feld abgestossen werden. Daraus resultiert eine kontinuierliche Drehung des Rades, dessen Geschwindigkeit durch die Bremse verzögert proportional dem die Magnete erregenden Strom gemacht werden kann.

Dasselbe Prinzip verwandte Thomas Duncan\*) in seinem in Figur 145 mit Cylinderanker und in Figur 146 mit Scheibenanker dargestellten Zähler.

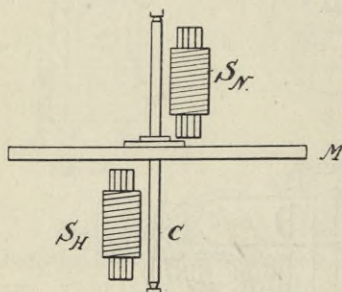


Fig. 146.

Zwischen den vom Hauptstrom durchflossenen Spulen  $S_H$  befindet sich der Aluminiumcylinder  $M$ , leicht drehbar montiert und im Inneren desselben ist ein aus Eisenblechen bestehender Kern untergebracht, auf dem die kurzgeschlossenen Spulen  $S_N$  sitzen. Dieser Kern hat den Zweck, die magnetischen Kraftlinien von ihrer axialen Richtung abzulenken und wurde daher von Duncan „Ablenker“ benannt. Die Kraftlinien durchsetzen dann den Aluminiumzylinder in der skizzierten Weise und erzeugen dieselbe Wirkung wie bei dem Wright-Ferranti-Zähler. Die Angaben sind dem Nutzstrom proportional.

Um einen Wattstundenzähler zu erhalten, werden die kurzgeschlossenen Spulen  $S_N$  durch Nebenschlusspulen ersetzt, deren

\*) s. W. S. Resor. E. T. Z. 1894, S. 549 u. Lumière électrique 1893. Bd. 50 Möllinger. E. T. Z. 1898, S. 608.



Strom gegen die Spannung um  $90^{\circ}$  verschoben ist. Ein auf dem angegebenen Prinzip beruhender Zähler ist der Westinghouse Company patentiert worden\*) und in Figur 147 dargestellt. Es bedeuten B-B<sup>1</sup> die Hauptstromspulen, A die Nebenschlusspule,

D die Ankerscheibe. Wesentlich also ist im Gegensatz zu den meisten später zu beschreibenden Induktionszählern, dass ein Teil der das Innere der einen Spule durchsetzenden Kraftlinien auch durch den Hohlraum der anderen Spule hindurchgeht.

Um den Apparat einzustellen, besitzt der eine der Wechselstrommagnete einen verstellbaren Eisenkern a-a<sup>1</sup> (Fig. 148). Ferner ist in die Nebenschlussleitung eine Induktionsrolle t<sup>1</sup> eingeschaltet, deren Magnetfeld durch Ausstanzung der Eisenplatten t<sup>2</sup> eine Unterbrechung t<sup>3</sup> besitzt, um zu bewirken, dass der Nebenschlussstrom stets proportional mit der EMK variiert.

Bei diesen Zählern soll das Drehmoment dem Strome proportional sein, welcher in den auf den Anker wirkenden Spulen fließt, und das Widerstandsmoment proportional der Geschwindigkeit des sich zwischen den Polen von unveränderlicher Stärke drehenden Ankers.

Das ist aber nicht der Fall, weil die Felder des auf den Anker wirkenden Hauptstromes eine Bremswirkung auf den Anker ausüben. Diese Bremswirkung durch die Wirbelströme wächst proportional dem Hauptstrome bzw. proportional

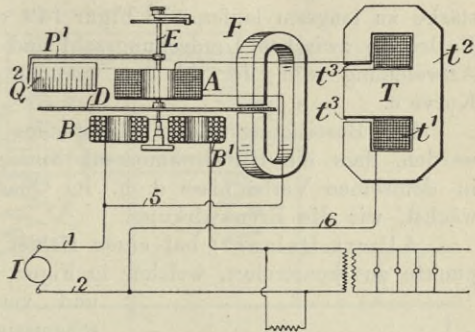


Fig. 147.

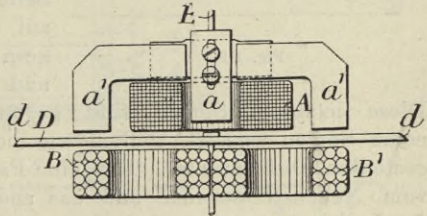


Fig. 148.

\*) D. R. P. 90554 (1895).

der Zahl der den Anker durchsetzenden Kraftlinien und proportional der Drehgeschwindigkeit. Die Bremswirkung wächst daher proportional dem Quadrate der Stromstärke des Hauptstromes. In Figur 149 stellt die Kurve a die Beziehung zwischen Umdrehungszahl und Nutzarbeit dar. Die Abweichung von der idealen geraden Linie b giebt die Kurve c.

Die Beseitigung dieses Misstandes kann dadurch erzielt werden, dass ein Hilfsdrehmoment hinzugefügt wird, welches in demselben Verhältnisse d. h. im Quadrate zur Stromstärke wächst, wie die Bremswirkung.

Albert Peloux\*) hat einen Zähler von diesem Gesichtspunkte aus konstruiert, welcher in Figur 150 u. 151 von vorn

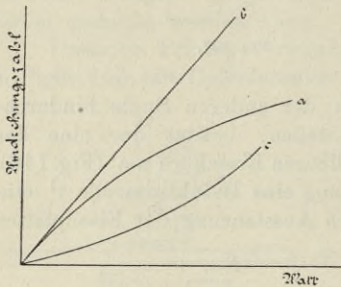


Fig. 149.

und von der Seite gesehen schematisch dargestellt ist. Auf den Drehkörper c wirkt ein Magnetfeld, welches einerseits durch die auf der einen Seite des zweckmässig scheibenförmigen Ankers liegenden Hauptstromspulen f, g und andererseits durch die auf der anderen Seite der Scheibe c liegenden, auf einen gemeinsamen Eisenkern gewickelten Spulen a, b und k, l hervorgerufen wird.

Diese letzteren Spulen sind gegen die mit f, g bezeichneten Spulen versetzt, ähnlich wie bei dem in Figur 146 dargestellten Duncanzähler. Das eine Paar jener Spulen a, b wird vom Nebenschlussstrom und das andere Paar k, l von einem durch den Hauptstrom induzierten Strom durchflossen, um das dem Quadrat des Hauptstromes proportionale Hilfsdrehmoment zu erzeugen. Die Wirkung kann auch dadurch erreicht werden, dass auf der der Hauptstromspule g (Fig. 152) abgewendeten Seite des Ankers c die vom Nebenschluss durchflossene Spule a und eine hinter die Selbstinduktionsspule v geschaltete Spule d angeordnet sind und beide im Nebenschluss zur Hauptstromspule liegen.

\*) D. R. P. No. 112 665.



Die auf dem Ferraris'schen Drehfelde basierten Zähler erhalten, wie bereits Seite 6 erwähnt, zwei feste Solenoide oder Elektromagnete, die zwei sich kreuzende Felder liefern

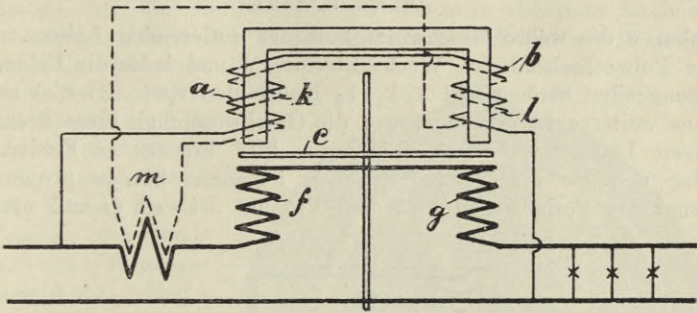


Fig. 150.

von gegeneinander verschobener Phase und unter dem Einfluss derselben einen drehbaren Leiter in Form eines Rotationskörpers, meist Cylinders oder Scheibe, in Drehung versetzen. Man kann hier wieder eine elektrische Dämpfung mittels Wirbelströmen anwenden und die Anordnung so treffen, dass eine be-

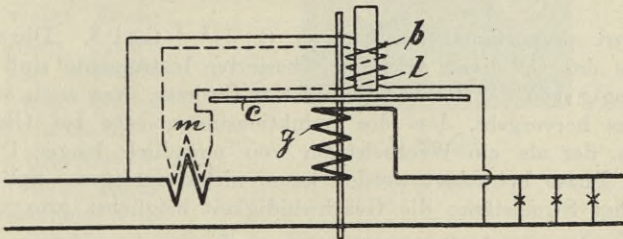


Fig. 151.

sondere Dämpfungseinrichtung unnötig ist, dass vielmehr der rotierende Leiter selbst schon durch die die Triebkraft liefernden Felder gleichzeitig auch eine ausreichende Dämpfung erfährt.

Nimmt man an, dass die beiden sich kreuzenden Felder in der Phase um  $\psi^0$  zeitlich verschoben sind und sich räumlich

unter einem Winkel von  $90^\circ$  schneiden, so kann man nach Dr. Bruger\*) schreiben:

$$v = \frac{k \cdot \nu \cdot 2 i J \sin \psi \cdot k_1 k_2}{(k_1 i)^2 + (k_2 J)^2}$$

wobei  $v$  die wahre Geschwindigkeit des rotierenden Leiters,  $\nu$  die Polwechselzahl des Wechselstromes,  $J$  und  $i$  die die Felder erzeugenden Ströme und  $k, k_1, k_2$  Konstanten sind. Hieraus ist ohne weiteres zu erkennen, wie die Geschwindigkeit eines drehbaren Leiters von zwei sich unter  $90^\circ$  kreuzenden Feldern oder den sie erzeugenden Strömen abhängt. Sie ist proportional der Periodenzahl und dem Produkt  $J i \cdot \sin \psi$  und um-

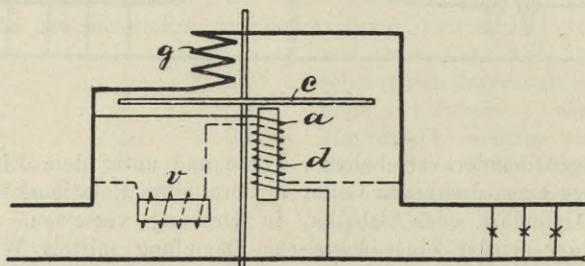


Fig. 152.

gekehrt proportional der Summe  $(k_1 J)^2 + (k_2 i)^2$ . Die Angaben der auf dieser Gleichung basierten Instrumente sind also abhängig von der Polwechselzahl des Stromes, was auch schon daraus hervorgeht, dass die Induktionsinstrumente bei Gleichstrom, der als ein Wechselstrom von unendlich langer Dauer einer Phase betrachtet werden kann, nichts anzeigen. Soll bei gleicher Stromstärke die Geschwindigkeit möglichst gross sein, muss man den Winkel  $\psi$  dem Wert  $\frac{\pi}{2}$  möglichst nahe bringen.

Wählt man  $i$  konstant, indem man an die Netzspannung anlegt, so muss man, damit  $v$  innerhalb möglichst weiter Grenzen proportional  $J$  bleibt  $(k_2 J)^2$  möglichst klein gegen  $(k_1 \cdot i)^2$  machen. Auf diese Weise erhält man einen Wechselstromampèrestundenzähler, der für induktionsfreie Belastung auch direkt für Watt-

\*) s. Dr. Bruger, Über Motorzähler E. T. Z. 1895, Heft 43.



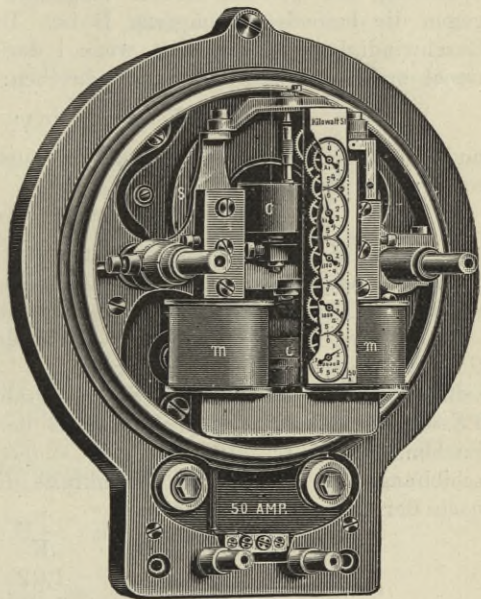
stunden geacht werden kann. In Figur 153 ist ein solcher Apparat, wie er von der Firma Hartmann & Braun fabri- ziert wird, bildlich dargestellt. C ist die sehr leicht beweglich gelagerte Metalltrommel, auf deren Achse eine Schnecke be- festigt ist, die die Drehung auf das vorn sichtbare Zählwerk überträgt. Hinter der Trommel befindet sich die vom Konsum- strom durchflossene

Spule S. Die Spu- len s werden von einem der Span- nung proportiona- len Strom durch- flossen und sind auf ein U-förmiges lamelliertes Mag- netgestell gescho- ben, welches durch ein ebenfalls lam- elliertes, im In- nern der Trommel befindliches Quer- stück fast magne- tisch kurzgeschlos- sen ist. Vermöge des vielen Eisens in diesen Spulen ist das erzeugte Feld sehr kräftig

und durch die grosse Selbstinduk- tion stark gegen die Spannung ver-

schoben, während das in der Hauptstromspule entstehende Mag- netfeld dem Hauptstrom proportional und praktisch gleichphasig mit diesem ist. Für die Justierung kann das ganze bewegliche System samt dem Nebenschlussmagneten auf zwei Metallsäulen der Hauptstromspule genähert werden.

Soll ein solcher Zähler in einem Stromkreis Verwendung finden, der Apparate, wie Motoren, Drosselspulen etc. enthält, welche selbst eine Phasenverschiebung verursachen, so muss in erster Linie auf grosse Phasenverschiebung im Zähler selbst



$\frac{1}{4}$  nat.Gr.

Fig. 153.

Rücksicht genommen werden; für eine genaue Messung muss  $\psi$  unbedingt  $90^\circ$  sein. Wie solche Phasenverschiebungen erreicht werden, soll später auseinandergesetzt werden. Ausser der Eigendämpfung bringt man heute fast ausschliesslich noch eine besondere magnetische Dämpfung an und gestaltet die Verhältnisse so, dass die Eigendämpfung für schwankende Spannung bei gleicher Arbeit möglichst konstant und klein gegen die besondere Dämpfung  $D$  ist. Die Gleichung für die Geschwindigkeit  $v$  kann man, wenn  $i$  der Spannung  $E$  proportional und  $\nu$  konstant ist, dann schreiben:

$$v = K \cdot J \cdot E \cdot \sin \psi$$

und ist die Phasenverschiebung im äusseren Stromkreis  $\varphi^\circ$ , so ist:

$$v = K \cdot J \cdot E \cdot \sin(\psi \pm \varphi).$$

Nach dieser Gleichung arbeitet der von der „Helios“ E.-A.-G. hergestellte und von Bláthy angegebene Zähler, welcher in Figur 1 schematisch dargestellt ist.

Es wird hier der Winkel  $\psi$  allein durch die Selbstinduktion der Spannungsspule hervorgerufen. Wegen des in derselben auftretenden Ohmschen Spannungsabfalls kann die innere Phasenverschiebung  $\psi$  jedoch niemals den Wert von  $90^\circ$  erreichen. Ist z. B.  $\psi$  nur  $80^\circ$ , so ändert sich für Phasenverschiebungen  $\varphi$  im äusseren Stromkreise die Zählerkonstante  $K$  nach der folgenden Tabelle\*):

$\varphi$	$K$
$0^\circ$	1,02
$45^\circ$	1,23
$70^\circ$	1,97.

Ohne besondere Hilfsmittel zeigen daher solche Instrumente bei grösseren Phasenverschiebungen  $\varphi$  total falsch. Solche Hilfsvorrichtungen sind in grosser Zahl angegeben worden und werden an den meisten Zählern angebracht, die auf Ferraris'schem Prinzip beruhen und Effekte in induktiv belasteten Netzen zu messen haben.

Carl Raab gab eine Einrichtung an, bei der der Hauptstrom  $J$  mit zwei Nebenschlussströmen zusammenwirkt, von denen der erste eine möglichst grosse, der zweite jedoch eine

---

\*) Möllinger E. T. Z. 1898 Heft 36.



möglichst kleine Verschiebung gegen die Spannung  $E$  hat. Die beiden in verschiedener Phase befindlichen Nebenschlussmagnetfelder sind dabei in der Weise erzeugt, dass der einen der beiden im Zähler wirksamen Nebenschlusspulen  $S'_N$  und  $S''_N$  eine Drosselspule  $S_L$ , der anderen ein bifilarer Widerstand  $S_R$  vorgeschaltet ist (Fig. 154). Jede der beiden Nebenschlusspulen wirkt hier

an einer besonderen Scheibe, die mechanisch gekuppelt sind, mit einer besonderen Hauptstromspule ( $S'_H$  und  $S''_H$ ) zusammen. Sind die Hauptstromspulen gleich gewickelt und geschaltet und werden die durch die Nebenschluss-

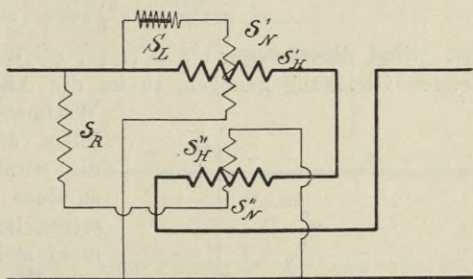


Fig. 154.

erzeugten Felder  $N'$  und  $N''$  in derselben Richtung als positiv bezeichnet, so gilt für die Anordnung das Diagramm Fig. 155 und das totale auf die gemeinsame Achse der beiden Scheiben wirkende Drehmoment ist:

$$P = J \cdot E \left( c' \cdot \sin \frac{J}{N'} + c'' \cdot \sin \frac{J}{N''} \right)$$

Die Geschwindigkeit ist:

$$v = J \cdot E \cdot [ c'_1 \sin (\psi' - \varphi) + c''_1 \sin (\psi'' - \varphi) ]$$

wobei  $c'$ ,  $c''$ ,  $c'_1$ ,  $c''_1$  Konstanten sind, welche von den Windungen der Hauptstromspulen, der Lage der Haupt- und Nebenschlusspulen und der Dicke und Leitungsfähigkeit der Scheiben abhängen.

Die Gleichung für den Effekt im Wechselstromkreise ist nach Gleichung (3 a)  $\mathcal{E} = J \cdot E \cdot \cos \varphi$ . Eliminiert man aus dieser Gleichung und der Gleichung für die Geschwindigkeit das Produkt  $J \cdot E$ , so erhält man:

$$v = \mathcal{E} \cdot \frac{c'_1 \sin (\psi' - \varphi) + c''_1 \sin (\psi'' - \varphi)}{\cos \varphi}$$

Es müssen also die Konstanten  $c'_1$  und  $c''_1$  und die Winkel  $\psi'$  und  $\psi''$  so gewählt werden, dass der auf der rechten Seite stehende Bruch unabhängig von  $\varphi$  wird. Da sich der Bruch auch in der Form schreiben lässt:

$$c'_1 \sin \psi' + c''_1 \sin \psi'' - \operatorname{tg} \varphi (c'_1 \cos \psi' + c''_1 \cos \psi'')$$

so wird derselbe von  $\varphi$  unabhängig, wenn

$$c'_1 \cos \psi' + c''_1 \cos \psi'' = 0$$

ist. Sind die Grössen  $c'_1$ ,  $c''_1$ ,  $\psi'$ ,  $\psi''$  so gewählt, dass sie der letzten Gleichung genügen, so ist die Anordnung ein absolutes

Wattmeter. Die Grössen erfüllen die Bedingung, wenn die Strahlen  $N'$  und  $N''$  sich zu einer Resultante zusammensetzen lassen, die auf  $E$  senkrecht steht.

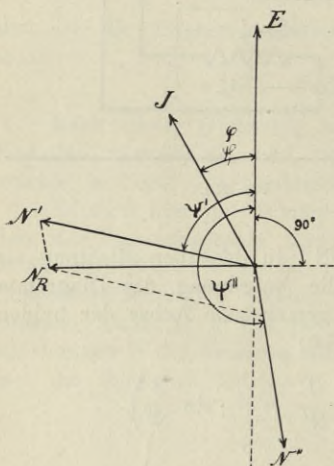


Fig. 155.

Für die praktische Zählerkonstruktion verwendet Raab nicht den in Fig. 154 dargestellten, der theoretischen Betrachtung zu Grunde gelegten allgemeinen Fall, sondern er lässt an einem und demselben Anker eine Hauptstromspule mit den beiden symmetrisch zu ihr gelegenen Nebenschlusspulen zusammenwirken und zwar werden die beiden Nebenschlusspulen  $S'_N$  und  $S''_N$  (Fig. 156) aufeinander gelegt, so dass ihre

Achsen zusammenfallen. Es wird sich dann aus den Komponenten  $N'$  und  $N''$  teilweise ein resultierendes, auf der Betriebsspannung senkrecht stehendes Nebenschlussmagnetfeld bilden.\*)

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung einer Phasenverschiebung von  $90^\circ$  ist von Hummel angegeben worden. Die Schaltung zeigt Fig. 157. Hummel ging davon aus, dass es notwendig ist, in dem gesamten Nebenschlussstromkreise eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  zu erzielen. Es ist vielmehr nur

\*) Ausführlicher s. Möllinger E. T. Z. 1898 Heft 36.



Bedingung, dass zwischen dem Hauptstrom, vorausgesetzt, dass dieser frei von Kapazität und Selbstinduktion ist, und dem betreffenden Teile des Nebenschlussstromkreises, welcher zur

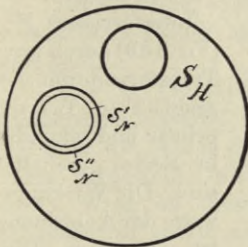


Fig. 156.

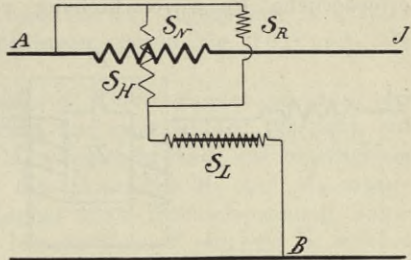


Fig. 157.

Erregung des Motors dient, eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  vorhanden ist.

Um diese zu erreichen, verwendet Hummel einen fast induktionslosen Widerstand  $S_R$  in Parallelschaltung mit der Nebenschlusspule des Motors  $S_N$ . Beiden ist ein induktiver Widerstand  $S_L$  vorgeschaltet. Der in letzterem fließende Strom  $i_L$  erzeugt ein Feld  $N_L$ , welches in die Komponenten  $N_N$  und  $N_R$  zerlegt wird. Durch passende Wahl von  $S_R$  kann erreicht werden, dass das durch die Spule  $S_N$  erzeugte Feld senkrecht zum Vektor des Hauptstromes  $J$  liegt, vorausgesetzt, dass dieser keine Selbstinduktion oder Kapazität enthält. (Fig. 158.)

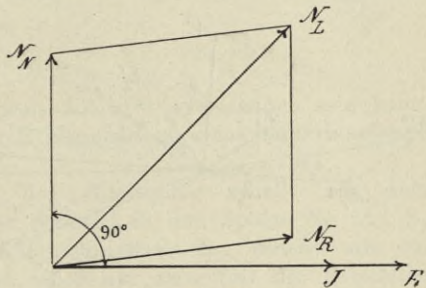


Fig. 158.

Durch das in der Spannungsspule befindliche Eisen und die in demselben auftretende Hysterisis und Wirbelströme wird bewirkt, dass das Maximum des magnetischen Feldes nicht mit dem Maximum des darin fließenden Stromes zusammenfällt, sondern eine geringe Phasenverschiebung aufweist. Infolge dessen darf auch der Strom in der Spannungsspule nicht genau  $90^\circ$

gegenüber der Netzspannung verschoben, sondern muss um den durch Hysterisis und die Wirbelströme bedingten kleinen Betrag von  $90^0$  verschieden sein.

Bei einer von Görner\*) angegebenen Methode wird die erforderliche Phasenverschiebung von  $90^0$  des Feldes  $N$  im Interferrikum  $F$

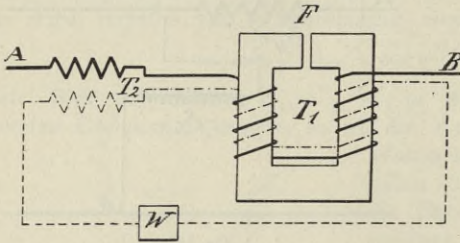


Fig. 159.

(Fig. 159) durch zwei Transformatoren erzeugt ( $T_1$  u.  $T_2$ ), die primär und sekundär in Serie geschaltet sind. Die Wirkungsweise der Anordnung ist aus dem Diagramm (Fig. 160) zu ersehen. Das primäre und sekundäre

Feld des Transformators  $T_1$   $N'_1$  und  $N''_1$  setzt sich zu einem resultierenden Feld  $N_1$  zusammen, in deren Richtung auch das Feld  $N$  fällt.  $N'_2$ ,  $N''_2$  und  $N_2$  sind die entsprechenden Felder des Transformators  $T_2$ . Die erzeugten sekundären EMK  $e$  und  $E''_1$

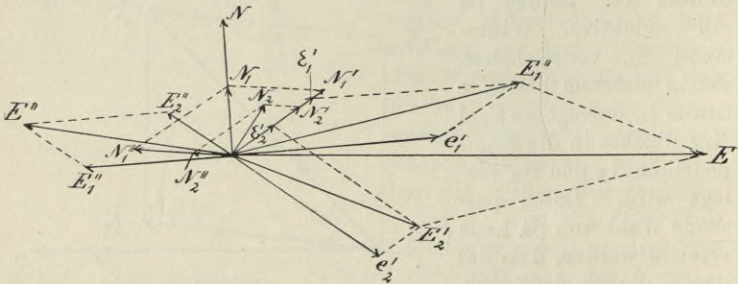


Fig. 160.

und  $E''_2$  stehen in Richtung der Verzögerung senkrecht auf  $N_1$  resp.  $N_2$  und ergeben als Resultierende die gesamte wirksame Sekundärspannung  $E''$ . Die primären Klemmenspannungen  $E'_1$  und  $E'_2$  erhält man durch geometrische Addition der primären Selbstinduktionen  $e'_1$  und  $e'_2$  und der Ohmschen

\*) S. Görner E. T. Z. 1899 Heft 43.



Verluste  $\varepsilon'_1$  und  $\varepsilon''_2$ . Aus  $E'_1$  und  $E'_2$  erhält man die gesamte wirksame Primärspannung  $E$ . Die Abgleichung der Phase von  $E$  und  $N$  auf genau  $90^\circ$  erfolgt durch den Widerstand  $W$ .

Eine andere ebenfalls von Görner angegebene Art, stark verschobene Felder hervorzubringen, ist in Fig. 161 und 162 dargestellt.

Der in Fig. 161 skizzierte Elektromagnet ist aus verschiedenem Material hergestellt und zwar ist der Eisenteil, auf welchem die Spulen  $S_1$  und  $S_2$  aufgesteckt sind, aus lamelliertem Eisen hergestellt, während die Polschuhe  $M_1$  und  $M_2$  massiv sind. Wird an diesem Magnet eine Wechselspannung angeschlossen, so erhält man im Interferrikum  $F$  ein Feld  $N$ , welches

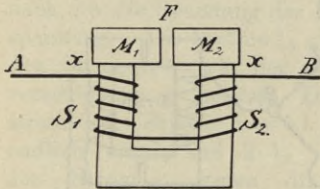


Fig. 161.

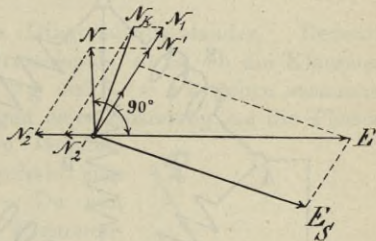


Fig. 162.

je nach der Wechselzahl weit über  $90^\circ$  verschoben sein kann. Die Regulierung kann durch Einschaltung eines induktionsfreien Widerstandes erfolgen.

Die Wirkungsweise der Anordnung erhellt aus dem Diagramm Fig. 162. Der Strom  $i$  in den Spulen  $S_1$  und  $S_2$  erzeugt ein Feld von der Kraftlinienzahl  $N_1$ , welche alle im Innern der Spule auftreten, aber nur zum Teil die Polschuhe und das Interferrikum durchlaufen, da an den Stossfugen  $x$  magnetische Streuung auftritt. Diese verminderten, das Interferrikum durchlaufenden Primärlinien  $N'_1$  erzeugen in den Polschuhen  $M_1$  und  $M_2$  Wirbelströme und hierdurch sekundäre Kraftlinien  $N_2$ , welche sämtlich das Interferrikum durchlaufen, jedoch nur zum Teil das lamellierte Eisen, da wiederum Streuung an den Stossfugen auftritt. Sind diese verminderten sekundären Kraftlinien:  $N'_2$ , so erhält man aus  $N_1$  und  $N'_2$  und aus  $N'_1$  und  $N_2$  die Felder  $N_K$  und  $N$  im lamellierten Eisen resp. Interferrikum. Auf  $N_K$  senkrecht die in den Spulen

erzeugte Selbstinduktion  $E_S$  aufgetragen und mit dem in diesen Spulen auftretenden Ohmschen Verlust zusammengesetzt ergibt die Gesamtspannung  $E$ .

Eine weitere Methode zur Erzeugung des  $90^\circ$  verschobenen Feldes wurde von Görges\*) angegeben und ist in einer von Schrottke\*\*) abgeänderten Form in Fig. 163 dargestellt.

Die beiden Spannungsspulen  $SS$  des Messgerätes werden mit zwei induktionsfreien Widerständen  $RR$  zu einer Brücke vereinigt, deren Diagonalzweig durch einen ebenfalls induktionsfreien Widerstand  $D$  gebildet wird. Vor die so entstehende Brücke wird eine Drosselspule geschaltet.

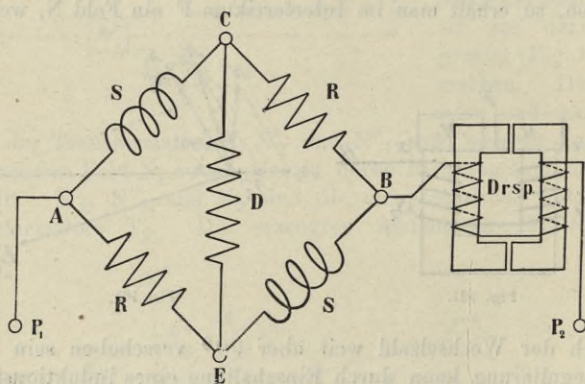


Fig. 163.

Bezeichnet man die Stromstärke in den Drosselspulen  $SS$  mit  $i_s$ , die der Einfachheit halber als gleich angenommen werde, die in den Widerständen  $RR$  mit  $i_r$  und endlich die im Widerstand  $D$  mit  $i_d$ , so gilt für die skizzierte Schaltung die Beziehung:

$$i_s = i_r + i_d$$

Für den Strom in der Doppelspule ergibt sich dann

$$\begin{aligned} i &= i_s + i_r \\ &= 2i_r + i_d. \end{aligned}$$

\*) E. T. Z. 1898 S. 164.

\*\*) E. T. Z. 1901 Heft 33.





geeignete Verbindung von induktiven und induktionslosen Widerständen. In einer Anordnung wird die Spule des Instrumentes, die den phasenverschobenen Strom führt, von der sekundären Wickelung eines Umformers gespeist, von dessen zwei parallel geschalteten primären Wickelungen die eine mit einem induktiven Widerstande, die andere mit einer Kapazität in Reihe liegt, welche letztere einstellbar ist.

Bei einer von W. Uhde\*) angegebenen Methode wird ebenfalls die Spannungsspule des Zählers in den Sekundärkreis eines Transformators geschaltet, dessen Primärkreis durch die Netzspannung gespeist wird.

Stellt in Fig. 165 AB die Klemmenspannung der Spannungsspule dar und AC den Ohmschen Spannungsverlust und daher auch die

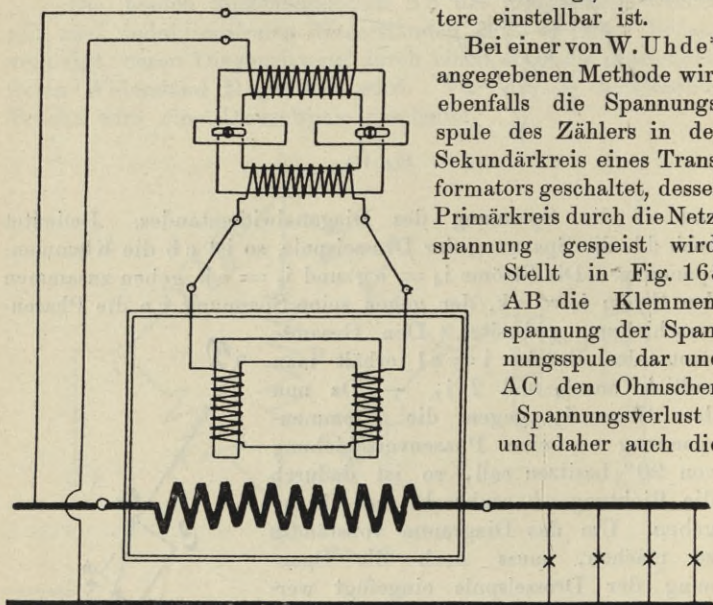


Fig. 166.

Richtung des Stromes, so fehlt der Winkel  $ABC = \alpha$  an  $90^\circ$  Phasenverschiebung. Es wird dann durch die Schaltungsweise bewirkt, dass die ihrer Richtung nach durch AB dargestellte Klemmenspannung der Spannungsspule gegenüber der Netzspannung DE um den Winkel  $\alpha$  verschoben ist, wie Fig. 165 zeigt. In diesem Falle ist dann auch der Ohmsche Spannungsverlust AC senkrecht zu DE, d. h. die Phasenverschiebung zwischen dem in der Spannungsspule des Zählers fließenden

\*) E. R. 1900/1901. Heft 13. D. R. P. No. 115 775.



Strome und der Netzspannung beträgt  $90^\circ$ . — Das Diagramm stellt vollständig dasjenige eines Transformators dar, dessen Primärspannung AD und dessen Sekundärspannung AB ist, und der so gebaut ist, dass bei Belastung des Sekundärkreises durch die Spannungsspule des Zählers die Sekundärspannung gegenüber der Primärspannung um den Winkel  $\alpha$  verschoben ist.

Die Schaltungsweise zeigt Fig. 166. Bei der dargestellten Anordnung erfolgt die Regulierung der Phasenverschiebung durch Veränderung der magnetischen Streuung.

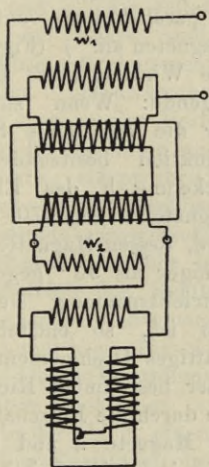


Fig. 167.

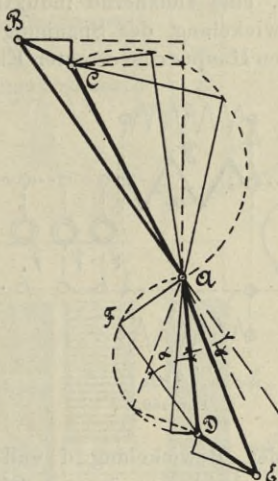


Fig. 168.

Eine andere Regulierung kann mit oder auch ohne Änderung der magnetischen Streuung durch Parallel- und Vorschaltung von Widerständen zum primären oder sekundären Kreise, oder beiden zugleich, erfolgen. (Fig. 167 und 168.)

Es bedeuten hierbei AB die Netzspannung, AC die primäre Spannung des Transformators, BC die Spannung des Widerstandes  $w_1$ , AE die Spannung des Widerstandes  $w_2$ , AD die Klemmenspannung der Spannungsspule des Zählers, welche um  $ADF = \alpha$  gegen die Netzspannung verschoben ist, so dass die Richtung AF des Stromes der Spannungsspule senkrecht zur Netzspannung steht, wie es auch das Spannungsdiagramm ADF der Spannungsspule zeigt.

Die Regelungsmittel der veränderlichen Streuung des Transformators und der parallel geschalteten Widerstände können weiter noch dadurch ergänzt werden, dass die Sekundärspule des Transformators gleichzeitig an das Netz angeschlossen wird.

Eine ähnliche Anordnung wurde von Möllinger und Kurda\*) angegeben, bei der die Einregulierung nur durch Vorschaltwiderstände erfolgt.

Catenhusen ordnet, um die bedingte Phasendifferenz des Feldes der Spannungsspule gegen das der Hauptstromspule zu erzielen, eine annähernd induktionslose Wickelung, welche mit der Bewickelung des Spannungsfeldes parallel liegt, auf dem durch den Hauptstrom erregten Elektromagneten an.\*\*\*) (Fig. 169.)

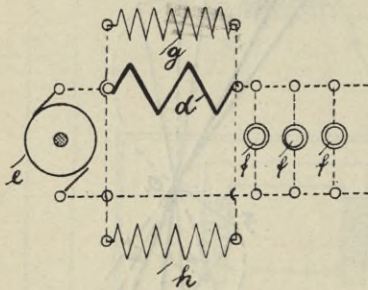


Fig. 169.

Die Wirkungsweise ist die folgende: Wenn zunächst nur die eine hohe Selbstinduktion besitzende Bewickelung h des Elektromagneten b (Fig. 170) erregt wird, dessen Magnetfeld um weniger als  $90^\circ$  gegen die Betriebsspannung verschoben ist, so entsteht ein kräftiges Drehmoment nach einer bestimmten Richtung, die durch die Einschaltungs-

weise der Bewickelung d und h der Magnete a und b gegeben, sobald der äussere Stromkreis induktionsfrei belastet ist. Es ist dann ja der Hauptstrom in Phase mit der Betriebsspannung und daher die Phasenverschiebung im Messmotor zwischen beiden Feldern nahezu  $90^\circ$ . Wird dagegen der äussere Stromkreis induktiv belastet und zwar so, dass der Hauptstrom dieselbe Phasenverschiebung gegen die Spannung zeigt, wie sie die Betriebsspannung gegen den Hauptstrom im Messgerät selbst besitzt, so ist kein Drehmoment mehr vorhanden. Schaltet man jetzt die nahezu induktionslose sekundäre Bewickelung g des Elektromagneten a ein, so wirkt mit dem Hauptstrom eine zweite Kraft zusammen, die mit der Betriebsspannung sich addiert, und mit dieser annähernd in Phase

\*) Möllinger und Kurda, Alternating-current motor meter. U. S. P. 606 630.

\*\*) D. R. P. 123 827.



ist, so dass sich der Zähler wieder in Bewegung setzt. — Die durch die sekundäre Bewickelung *g* dem Elektromagneten *a* verliehene Polarität ist dabei so zu wählen, dass sich die Scheibe *c* in demselben Sinne dreht, wie wenn nur die Bewickelung *h* des Elektromagneten *b* eingeschaltet und die Belastung des äusseren Stromkreises induktionsfrei wäre.

Das durch die beiden Nebenschlussströme in *g* und *h*, die selbst nicht in Phase sind, ausgeübte Drehmoment beseitigt Catenhusen durch eine an der Peripherie der Scheibe *c* angebrachte entsprechend geformte und verstellbar angeordnete magnetische Metallmasse *i*, welche in den Bereich der Kraftlinien der Elektromagnete *a* und *b* eingebracht wird. Durch Verstellung derselben hat man es dann in der Hand, einem Teil der Kraftlinien bestimmte Bahnen anzuweisen, so dass sie entweder gar nicht oder in vernichtendem Sinne an der Dreharbeit der Scheibe *c* teilnehmen.

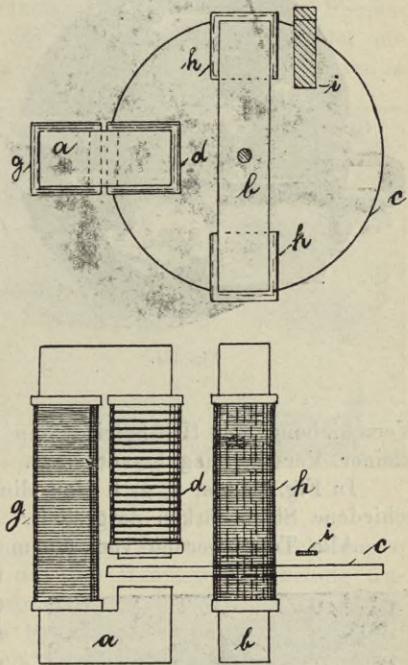


Fig. 170.

Die in Fig. 154 dargestellte Raabsche Anordnung wird in den von E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. konstruierten Wechselstromzählern angewandt. Fig. 171 zeigt den Zähler in Ansicht. In demselben wird ein Scheibenanker (Fig. 172) angewandt, der auch die Dienste einer Bremsscheibe versieht. Unterhalb der Scheibe ist die Hauptstromspule, oberhalb derselben sind die beiden Nebenschlusspulen, die induktive und die induktionslose, angeordnet. Der Hauptstromspule ist eine ovale Form gegeben,

die Nebenschlusspulen sind als Hufeisenmagnete ausgebildet. Das Haupthufeisen (induktiv) hat einen grösseren Eisenquerschnitt; seine Bewickelung besteht aus sehr vielen Windungen

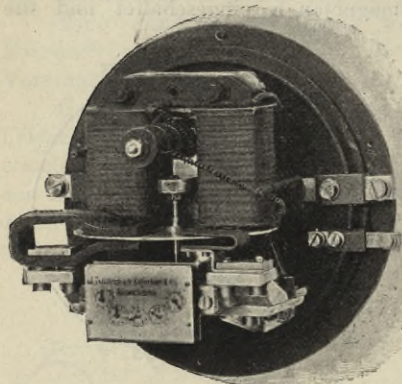


Fig. 171.

dickeren Drahtes und ist direkt von der Verbrauchsspannung erregt (Fig. 173 a u. b). — Das Hilfshufeisen (induktionslos) hat einen geringeren Eisenquerschnitt und eine Wickelung von kleinerer Windungszahl (Fig. 173 c u. d), welcher ein induktionsloser Widerstand vorgeschaltet ist; hierdurch wird erreicht, dass das Haupthufeisen ein kräftiges Magnetfeld von grosser

Verschiebung, das Hilfshufeisen ein schwächeres Magnetfeld von kleiner Verschiebung hervorbringt.

In Fig. 173 e, f, g, h sind die Hauptstromspulen für verschiedene Stromstärken dargestellt.

Alle Teile werden von einem auf die Grundplatte montierten Ständer getragen (Fig. 174 und 175). Derselbe breitet sich unten zu einer Platte aus; in dem vorderen Teile derselben wird das Fusslager von unten eingeschraubt, während das Halslager von einem Lappen getragen ist, welcher in der Mitte des

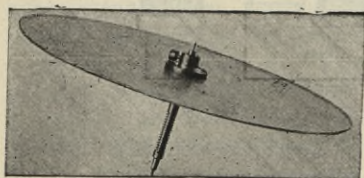


Fig. 172.

Ständers horizontal vorspringt. Der Ständer endigt oben in einem T-förmigen Teil, auf welchem die beiden Hufeisen montiert sind und zwar das Haupthufeisen auf der vorderen, das Hilfshufeisen auf der hinteren der Grundplatte zugekehrten Fläche; indem hierbei einem Teil der aus dem einen Hufeisen



austretenden Kraftlinien das andere Hufeisen als Schlusstück dient, durchsetzen die beiden Felder teilweise in gemeinschaftlichen Bahnen die Scheibe, wobei sich aus ihnen ein resultierendes Feld bildet. Auf dem plattenförmigen Teil des Ständers wird hinter der Zählerachse die Hauptstromspule, vor derselben der Zählwerkträger montiert, den Fig. 176 zeigt.

Die Hummelsche Anordnung zur Erreichung der Phasenverschiebung von  $90^{\circ}$  in der Spannungsspule verwendet die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, in ihren in Fig. 177 abgebildeten Wechselstromzählern.

Fig. 178 zeigt die schematische, ebenfalls von Hummel angegebene Anordnung der Zähler.\*) Das Eisengerüst besteht aus einem äusseren zusammenhängenden Teile E mit vorspringenden Zähnen und einem inneren Teile F; beide Teile sind durch den Anker G voneinander getrennt.

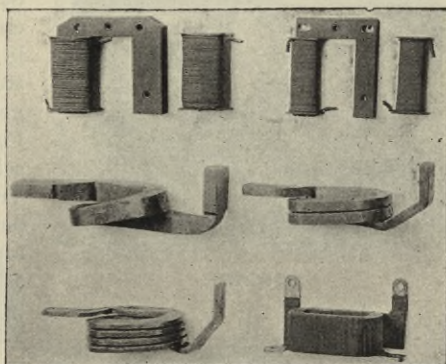


Fig. 173.

Die auf Rahmen angeordnete Nebenschlusswicklung n wird zwischen den Zähnen des die Hauptstromwicklung tragenden Eisengerüsts untergebracht.

Für kleine Stromstärken hat Hummel die in Fig. 179 dargestellte Anordnung angegeben.\*\*) Die Nebenschlusswicklung N ist an einem hufeisenförmigen Elektromagneten und gleichzeitig die Hauptstromwicklung H in Löchern oder Nuten des feststehenden, jedoch verstellbar gelagerten Armatureisens angeordnet, um durch beliebige Einstellung des letzteren die Geschwindigkeit des registrierenden Teiles innerhalb weiter Grenzen beliebig verändern zu können.  $m_1$  und  $m_0$  zeigen den Verlauf der Kraftlinien der Felder.

Hartmann und Braun verwenden in ihren Wechselstromzählern zur Herstellung des um  $90^{\circ}$  in der Phase gegen die

\*) D. R. P. No. 90 474.

\*\*) D. R. P. No. 92 959.

Spannung versetzten Nebenschlussfeldes die in Fig. 159 von Görner angegebene Anordnung. Der Zähler selbst besteht, wie

Fig. 180 zeigt, aus einem E-förmigen lamellierten Eisenkern A, auf dessen innerem Ansatz die Hauptstromspule und auf dessen seitlichen Ansätzen die Nebenschlusspulven  $S_1$  und  $S_2$  sitzen. Als Anker dient eine Aluminiumtrommel T, in deren Innerem ein feststehender Eisenkern untergebracht ist, der das Feld magnetisch fast kurz schliesst. Oberhalb der Trommel ist die mit zwei permanenten Magneten zusammenwirkende Dämpferscheibe untergebracht; t

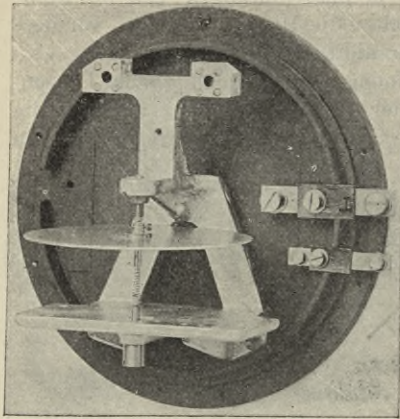


Fig. 174.

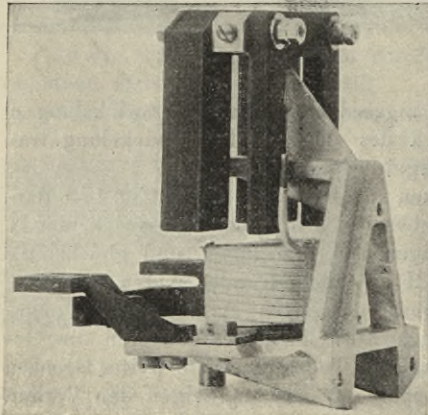


Fig. 175.

ist der die hohe Phasenverschiebung hervorrufende Transformator. Die Magnete sind so angeordnet, dass etwa auftretende Kurzschlüsse in der Hauptstromspule sie möglichst nicht beeinträchtigen, ausserdem sind sie noch durch mehrere aufeinander geschichtete Eisenbleche vor solchen Einwirkungen geschützt.

Die Brückenschaltung Fig. 163 benutzen Siemens & Halske

A.-G. bei ihren Ferrariszählern für Wechselstrom. Derselbe ähnelt in seiner Anordnung der Swinburne'schen Konstruk-



tion\*) und ist in Fig. 181 schematisch und in Fig. 182 in Ansicht dargestellt. Das Drehfeld ist in elektrischer wie in magnetischer Beziehung vollkommen symmetrisch. Der Eisenkörper A

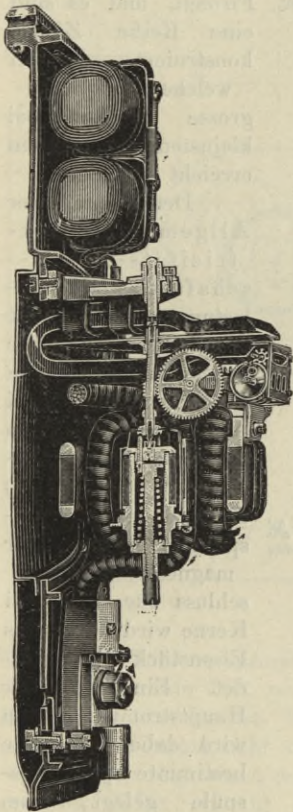


Fig. 177.

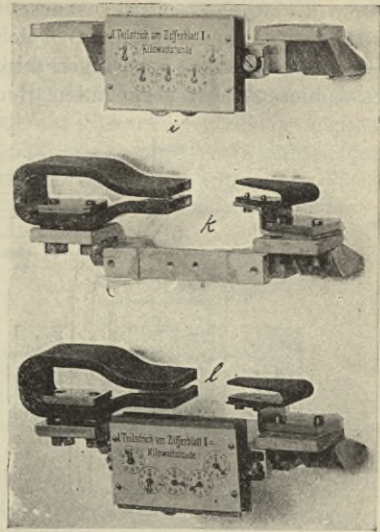


Fig. 176.

ist aus dünnen Blechen hergestellt und hat vier radial nach innen gerichtete Polansätze EE und FF. Den Anker bildet eine Aluminiumtrommel B, in welcher sich zum Zwecke des magnetischen Kurzschlusses der geblätterte Eisenkern C befindet. Die Polansätze FF tragen die Stromspulen, EE die Spannungsspulen. — Die Aluminiumscheibe S, welche zur Erhöhung der Steifigkeit gewellt ist, in Verbindung mit den Magneten MM besorgen die magnetische Bremsung.

Eine Ausführung der Brückenschaltung zeigt Fig. 183, bei welcher Widerstände und Drosselspule zu einem Ganzen vereinigt sind.

Durch die grossen Herstellungskosten der bisher beschriebenen für induktive und induktionsfreie Belastungen brauch-

\*) E. P. No. 16 307.

baren Energiemesser ist es ausgeschlossen, bei kleineren Konsumenten (1 bis 5 Lampen) solche Zähler zu installieren und würde man deshalb gezwungen sein, Pauschaltarife abzuschliessen. Dem hieraus sich ergebenden Bedürfnisse nach einem billigen

und doch guten Zähler abzuhelpen, war das Bestreben vieler Firmen, und es sind eine Reihe Zähler konstruiert worden, bei welchen möglichst grosse Kräfte bei kleinsten Dimensionen erreicht werden.

Der Zähler der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft für kleine Belastungen\*) besteht aus einem Drehkörper in Scheibenform, einem Eisenkern mit drei Ausläufern, auf denen die zwei Spannungsspulen  $S_1, S_2$  (Fig. 184) und eine Hauptstromspule  $H$  sitzen. Der magnetische Rückschluss für alle drei Kerne wird durch das Eisenstück  $R$  gebildet. Ein Teil der Hauptstromwindungen wird dabei um eine bestimmte Spannungspule gelegt, zum

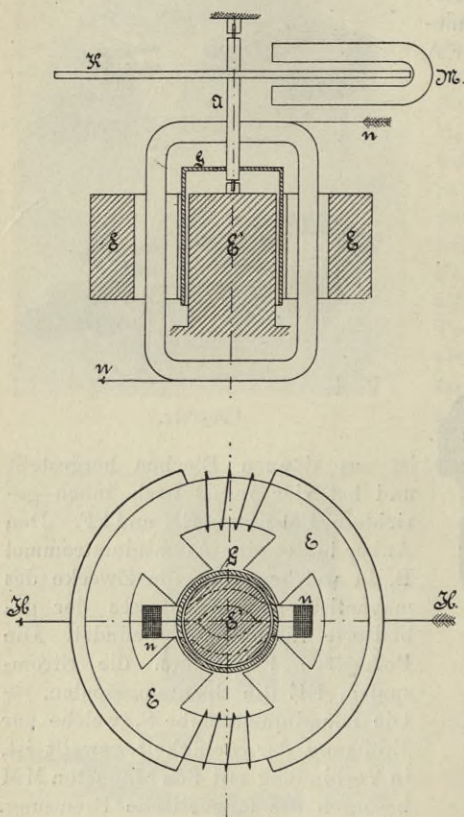


Fig. 178.

Zweck, die Ungleichmässigkeit des den gemeinsamen Eisenkern durchsetzenden Feldes zu kompensieren, da das Feld der Hauptstromspule auf die der Nebenschlusspulen derartig ein-

(\* D. R. P. 112441.



wirkt, dass das eine geschwächt und das andere verstärkt wird.

Die beiden Nebenschlusspulen  $S_1S_2$  geben im allgemeinen ohne Hauptstrom schon ein ziemlich kräftiges Drehmoment, solange entweder die beiden zu den Spannungsspulen gehörigen Lufträume oder aber die magnetomotorische Kraft der beiden Spulen verschieden ist. — Dieses Drehmoment würde ein Leer-

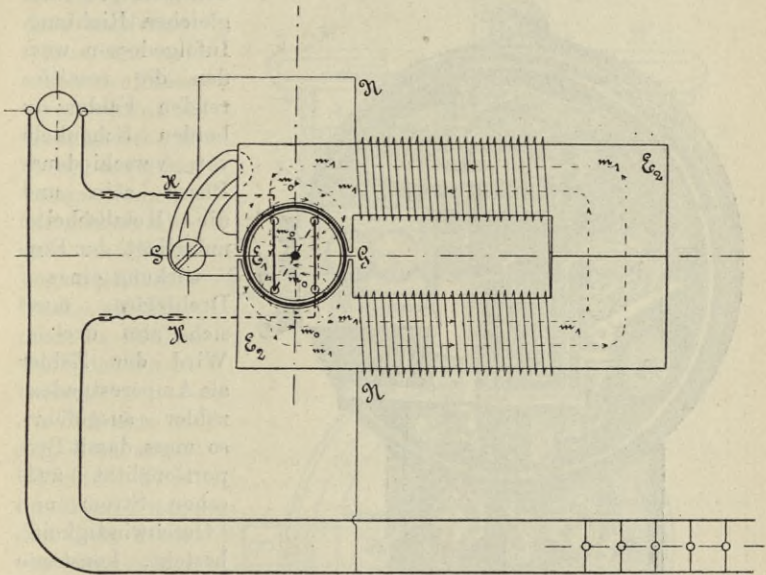


Fig. 179.

laufen des Zählers verursachen, dasselbe muss daher bis auf einen bestimmten Teil, welcher zur Überwindung der ruhenden Reibung notwendig ist, kompensiert werden, was durch Variieren der Windungszahl oder des Luftraumes geschehen kann. — Fig. 185 zeigt einen mit diesem Prinzipie ausgeführten Zähler geöffnet. Man erkennt daran, dass der Scheibenanker auch gleichzeitig als Bremsscheibe benutzt wird.

Hartmann und Braun\*) verwenden einen Eisenkern b (Fig. 185 u. 186) mit nur zwei Ausläufern, auf welche die Neben-

\*) D. R. P. No. 123 411.

schlusspulen c und d gewickelt sind. Die den Hauptstrom führende Spule a ist über die beiden Magnetschenkel gewickelt. Die Wirkungsweise des Zählers ist ähnlich der des A. E.-G. Zählers: Die von den Nebenschlusspulen erzeugten Kraftlinien durchlaufen den einen Magnetschenkel z. B. von oben nach unten, den anderen dagegen von unten nach oben, die von dem Verbrauchsstrom erzeugten Linien gehen dagegen durch beide

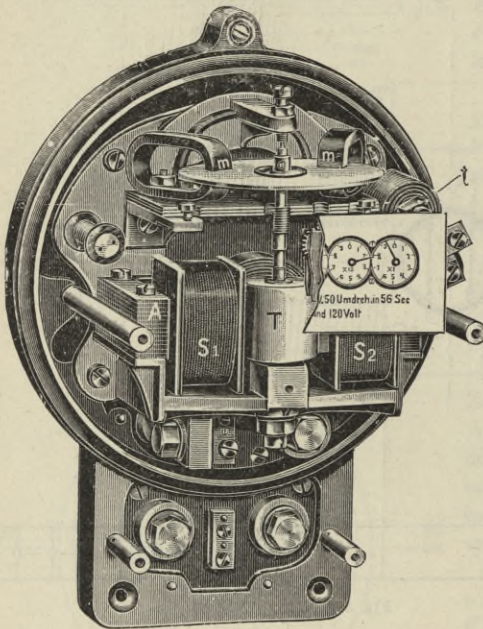


Fig. 180.

Schenkel in der gleichen Richtung. Infolgedessen werden die resultierenden Felder in beiden Schenkeln von verschiedener Phase sein und die Metallscheibe unterliegt der Einwirkung eines Drehfeldes, muss sich also drehen. Wird der Zähler als Ampèrestundenzähler ausgeführt, so muss, damit Proportionalität zwischen Strom und Geschwindigkeit besteht, konstante Betriebsspannung vorausgesetzt, das von den Nebenschlusspulen er-

zeugte Feld sehr kräftig gegen das Hauptstromfeld gewählt werden.

Der Zähler lässt sich natürlich auch als Wattstundenzähler für induktive Belastung herstellen, wenn man durch eine der bekannten Methoden die Verschiebung des Nebenschlussfeldes gegen die Betriebsspannung auf genau  $90^\circ$  bringt, und ausserdem, wie bei dem A. E.-G.-Zähler aus den bereits oben erwähnten Gründen eine durch permanente Magnete erzeugte Dämpfung anbringt.



Die Union E.-G. verwendet bei ihrem von R. Theiler angegebenen Wechselstromzähler die folgende Anordnung: Auf der Welle J (Fig. 187) sitzen in gewissem Abstände zwei parallel gelagerte Scheiben F. Zwischen diesen liegen zwei Eisenkörper M, von denen

der eine durch den Hauptstrom, der andere im Nebenschluss mit verschobener Phase erregt wird. Die Eisenmassen E dienen dazu, den magnetischen Stromkreis wieder möglichst eng zu schliessen und auf bestimmte Stellen der Scheiben zu lenken.

Bei dem in Fig. 188 abgebildeten Unionzähler werden an Stelle von zwei, drei in der gleichen Ebene sich befindende Elektromagnete in der Weise angeordnet, dass die beiden äusseren Magnete

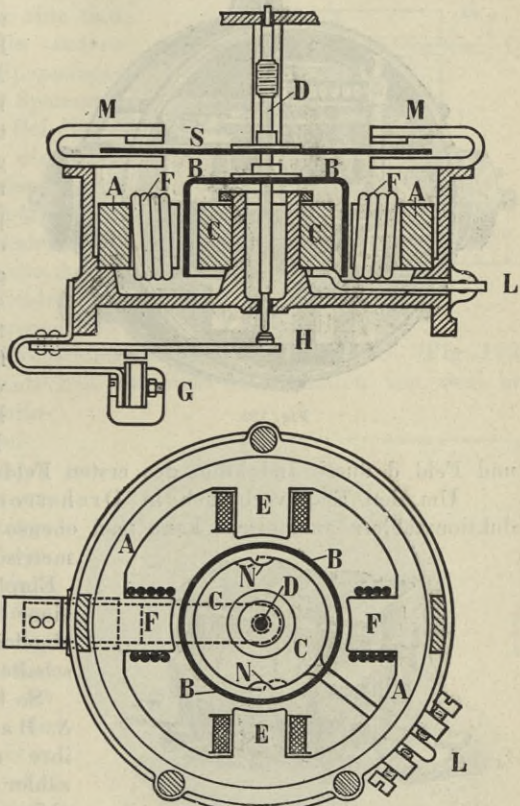


Fig. 181.

in den Nebenschlussstromkreis und der mittlere in den Hauptstrom oder umgekehrt eingeschaltet sind.\*)

\*) s. D. R. P. No. 94 999; 115 534; 115 564; 118369 und E. T. Z. 1902 Heft 35.

Es sind noch eine grosse Anzahl anderer Anordnungen für einphasige Wechselstrominduktionszähler angegeben worden, von denen nur noch eine von Juraske, Brockelt und Rum-

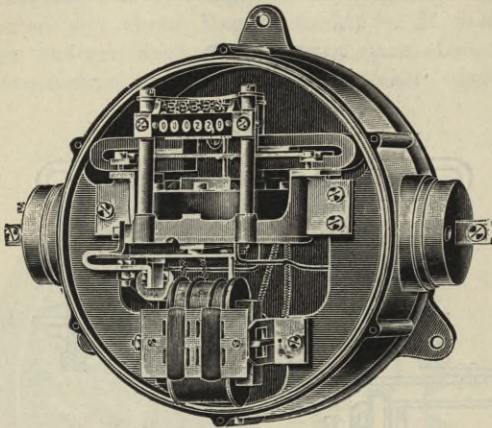


Fig. 182.

rich angegebene erwähnt werden möge\*). — In Fig. 189 ist diese Anordnung und in Fig. 190 ihr Schaltungsschema dargestellt. Ein metallischer Drehkörper b wird durch drei in ihren Phasen gegen einander verschobene Magnetfelder a, c, d beeinflusst. Feld a wird vom Hauptstrom, Feld c durch einen Nebenschlussstrom

und Feld d durch Induktion des ersten Feldes a erzeugt.

Um den Effektverbrauch in Drehstromnetzen mit Induktionszählern zu messen, kann man ebenso wie bei dynamometrischen Zählern zwei

Einphasenzähler nach einer der im ersten Teile abgeleiteten Gleichungen schalten.

So benutzen Siemens & Halske A.-G.\*\*\*) für ihre neuen Drehstromzähler die Gleichung (17), welche in der Form geschrieben werden kann:

$$\mathcal{C} = (i_1 + i_2) \cdot e_2 - (i_2 + i_3) \cdot e_1,$$

da  $i_1 = -(i_2 + i_3)$  und  $i_3 = -(i_1 + i_2)$  ist.

\*) D. R. P. No. 94 309. E. T. Z. 1898 S. 74.

\*\*) D. R. P. No. 115 295.

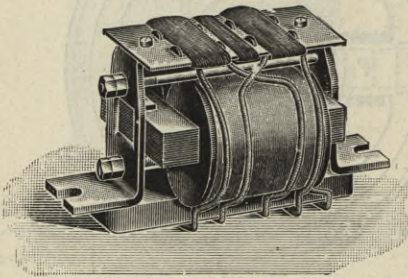


Fig. 183.



In dem einen System wird die eine Stromspule von dem Strom  $i_1$ , die andere von dem Strom  $i_2$  durchflossen, während die Spannung in der schon vorher beschriebenen Brückenschaltung an die Spannung  $e_2$  angeschlossen sind. In dem zweiten System durchfließt der Strom  $i_2$  die eine und der Strom  $i_3$  die andere Stromspule, die Spannungsspulen sind an die Spannung  $e_1$  angeschlossen. Bei dieser Schaltung sind die Angaben des Zählers stets richtig, ob die Spannungen gleich oder verschieden sind.

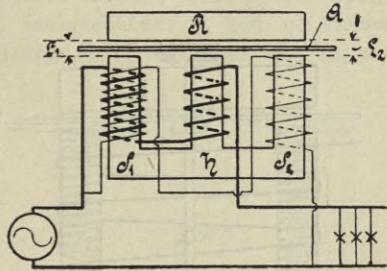


Fig. 184.

Fig. 191 ist die Achse desselben mit den beiden Ankern und der Bremsscheibe.

Auch die Drehstromzähler der Union E.-G. (Fig. 192) bestehen im wesentlichen aus einer Kombination von zwei bereits vorher beschrie-

benen Einphasenstromzählern, deren jeder das Produkt aus dem Strom je einer Zuführung und derjenigen Spannung misst, die zwischen dieser Zuführung und der dritten herrscht, während der Apparat die Differenz bzw. die Summe dieser beiden Produkte registriert.

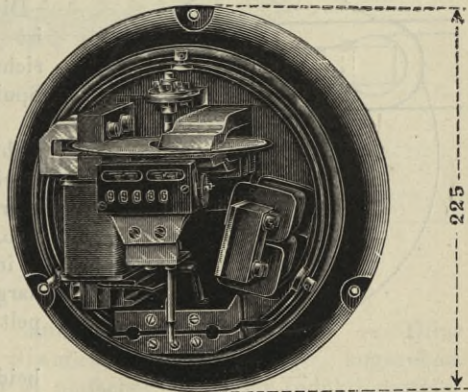


Fig. 185.

Da der Drehstrom nun die für Induktionszähler angenehme Eigenschaft hat,

Phasenverschiebungen in Sprüngen von je  $30^\circ$  aufzuweisen, so hat man nicht nötig, die bei Einphasenzählern, also auch bei ihren Kombinationen, notwendigen komplizierten Hilfsvorrichtungen zur Erzielung der  $90^\circ$  Verschiebung zwischen Feld und

Spannung der Nebenschlusspule zu verwenden, sondern man kann durch richtige Wahl der Abzweigungen die notwendigen Phasenverschiebungen erhalten\*).

Allerdings beruhen diese Konstruktionen auf der nie völlig zutreffenden Voraussetzung, dass die Netzspannungen gleich sind.

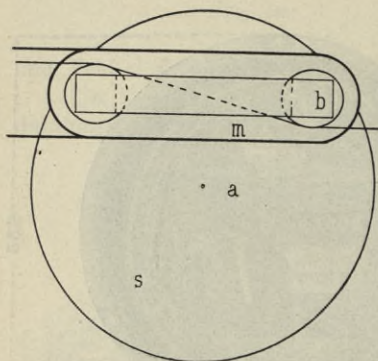
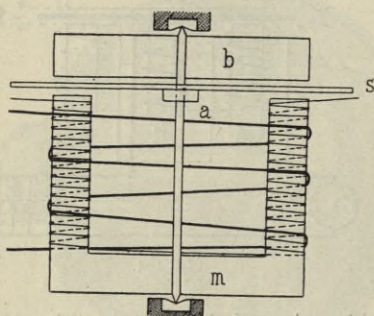


Fig. 186.

schwerer Widerstand gross ist gegen ihre Selbstinduktion, so dass also Magnetfeld, Strom und Spannung nahezu dieselbe Phase haben, und den Anfang der einen Spannungsspule

Soll die Aronsche Gleichung  $\mathcal{E}_t = i_1 \cdot e_3 + i_2 \cdot e_2$  zur Messung der Arbeit mit zwei Induktionszählern benutzt werden, so sind für die Nebenschlusspulen Spannungen zu verwenden, welche senkrecht auf  $e_3$  bzw.  $e_2$  stehen. Hierzu benutzt G. Hummel die Spannung  $e_2$  bzw.  $e_1$  und verschiebt die durch sie in den Nebenschlusspulen erzeugten Ströme um  $30^\circ$ .

Die Phasenverschiebung ist aber ohne Hilfsvorrichtung durch induktive Spulen leicht zu erreichen.

Der Hummelsche Zähler besteht sonach aus zwei bereits vorher beschriebenen Einphasenzählern, welche mechanisch in der in Fig. 193 dargestellten Art gekuppelt sind.

Man kann auch die beiden Spannungsspulen so konstruieren, dass ihr Ohmscher

\*) s. Z. f. E. u. M. 1899. R. Bauch, Wattmessung bei Drehstrom; ferner G. Hummel, Über Motorelektrizitätszähler, Stuttgart 1898; E. T. Z. 1900; Möllinger, Über Drehstromzähler.



an Leitung 2, den der anderen an Leitung 1 anlegen, die Enden beider vereinigen und durch einen bifilaren Widerstand von gleicher Ohmzahl wie eine Spannungsspule mit Leitung 3 verbinden (künstlicher Nullpunkt) (Fig. 194); alsdann entstehen in den Spannungsspulen Ströme, welche von Spannungen  $e_b$  und  $e_a$  herrühren, senkrecht auf  $e_3$  und  $e_1$  stehen und sich nur, unter Voraussetzung gleicher Netzspannungen, um

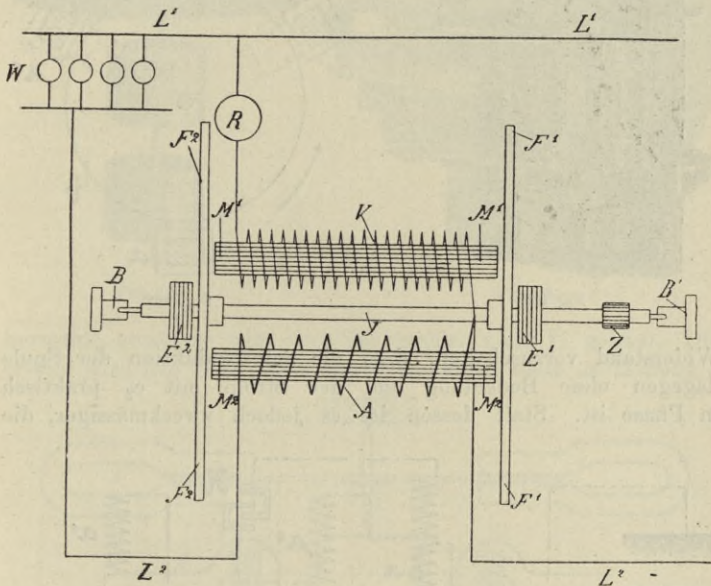


Fig. 187.

eine konstante Grösse unterscheiden (Fig. 195).\*) — Diese Schaltung wurde von Siemens & Halske A.-G. angegeben.

Um Gleichung (5) in einfacher Weise für Induktionszähler nutzbar zu machen, wurde von C. Raab die in Fig. 196 dargestellte Schaltung angegeben.\*\*\*) Mit der Stromspule des Apparates I wirkt eine Spannungsspule, die einen Strom führt, welcher mit  $e_2$  in Phase ist und senkrecht auf  $e_1 - e_3$  steht. Die

\*) D. R. P. 99 644, Siemens & Halske.

\*\*) D. R. P. No. 100 748; 105 087; 107 682.

Nebenschlusspule des Apparates II führt einen Strom, welcher mit  $e_a$  in Phase ist und senkrecht auf  $e_2$  steht.

Um den mit  $e_2$  phasengleichen Nebenschlussstrom zu erzeugen, ist es notwendig, der Spule einen so grossen bifilaren

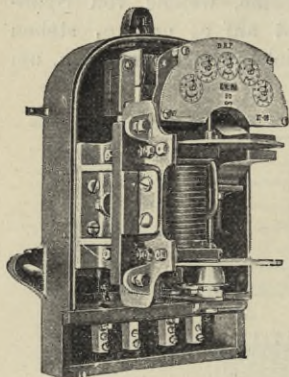


Fig. 188.

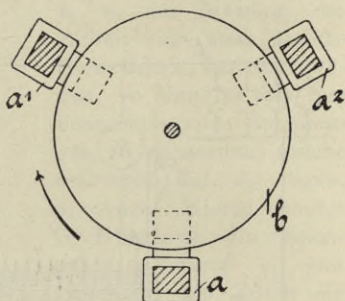


Fig. 189.

Widerstand vorzuschalten, dass die Selbstinduktion der Spule dagegen ohne Bedeutung und der Strom mit  $e_2$  praktisch in Phase ist. Statt dessen ist es jedoch zweckmässiger, die

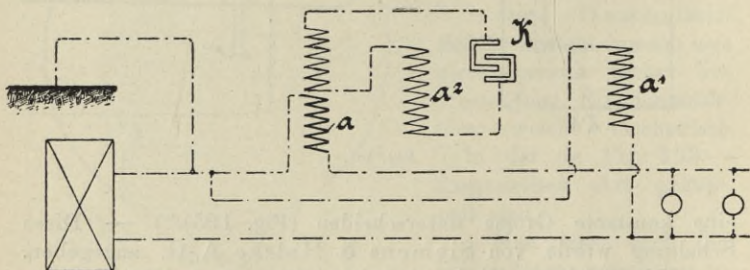


Fig. 190.

Spannung  $e_3$  zu benutzen und die Nebenschlusspule so zu bauen, dass in ihr der Strom gegen die erregende Spannung um  $60^\circ$  zurückbleibt.

Zur Erzeugung der beiden Nebenschlussströme kann ferner folgendes Verfahren angewendet werden. Die Nebenschluss-



spule I wird derart bemessen, dass sie eine Verschiebung von  $45^{\circ}$  aufweist, wenn an ihren Enden eine Spannung von  $\frac{e_3}{\sqrt{2}}$

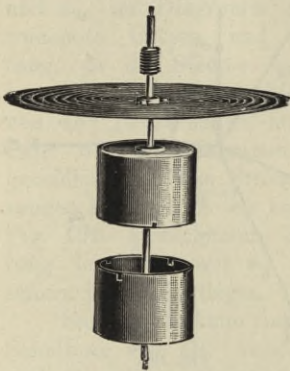


Fig. 191.

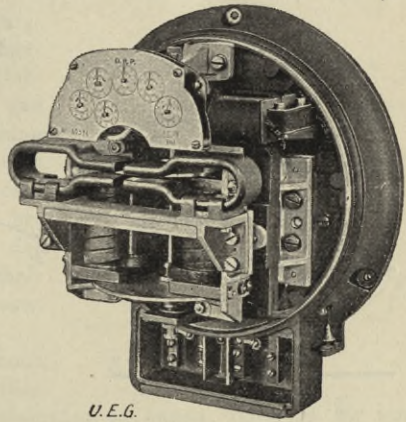


Fig. 192.

herrscht; genau so wird die Nebenschlusspule II gebaut. Die erstere wird nun (Fig. 198) mit ihrem einen Ende an Leitung 3

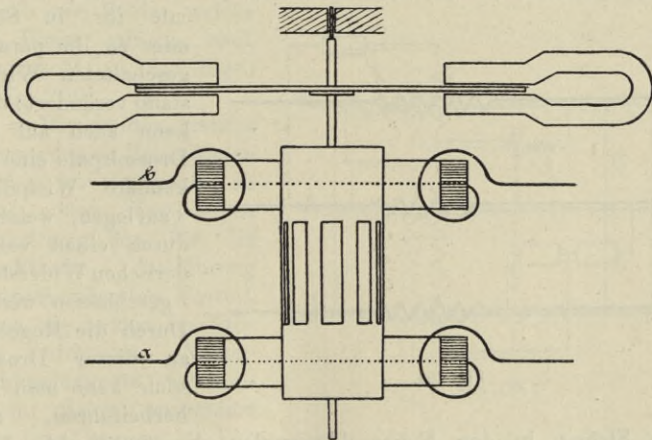


Fig. 193.

angelegt, die letztere an Leitung 2; die beiden anderen Enden der Spulen werden miteinander verbunden und die Verbind-

dungsstelle 0 durch eine regelbare Drosselspule  $S_L$  mit Leitung 1 verbunden. Diese Drosselspule muss gestatten, den von dem Verbindungspunkt beider Spulen nach Leitung 1 fließenden

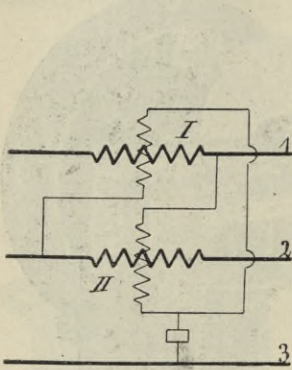


Fig. 194.

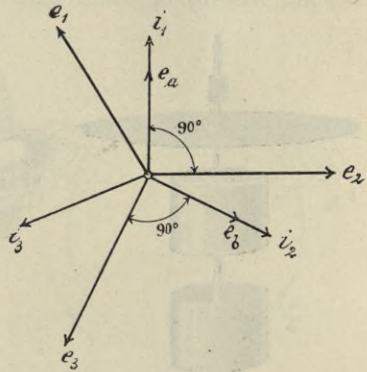


Fig. 195.

Strom seiner Intensität und Verschiebung nach auf den richtigen Wert einzurichten. Dies kann in bekannter Weise dadurch geschehen, dass man ihren Luftspalt ändert oder einen

mit ihr in Serie oder zu ihr parallel geschalteten Widerstand verändert; man kann auch auf die Drosselspule eine sekundäre Wicklung auflegen, welche durch einen veränderlichen Widerstand geschlossen wird. Durch die Regelung an dieser Drosselspule kann man nun herbeiführen, dass

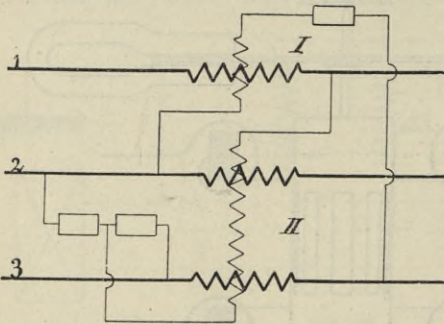


Fig. 196.

die Ströme in den Nebenschlusspulen die gewünschte Lage haben.

Dies geht aus dem Diagramm Fig. 197 hervor, worin  $e_{20}$ ,  $e_{30}$  die bezw. Spannungen an den Nebenschlusspulen,  $i_{20}$ ,



$i_{30}$  deren Ströme bedeuten. Da nun  $e_2 = e_{20} - e_{30}$  ist und  $e_{20} = e_{30} = \frac{e_2}{\sqrt{2}}$  sein soll, ergibt sich aus gegebener Grösse und

Richtung von  $e_2$  die für  $e_{20}$  und  $e_{30}$  im Diagramm eingezeichnete Grösse und Richtung, da die Ströme  $i_{20}$  und  $i_{30}$  eine Phasenverschiebung von  $45^\circ$  haben sollen, ist ihre Lage die im Diagramm eingezeichnete. Diese Ströme erzeugen Felder, die wie bei der Fig. 196 gezeichneten Schaltung in Phase mit  $e_2$  bzw. senkrecht zu  $e_2$  liegen.

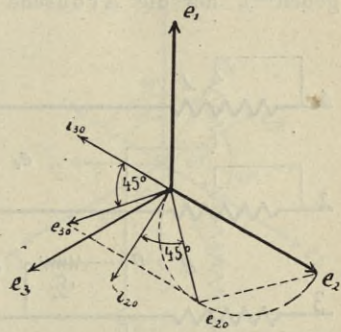


Fig. 197.

Schliesslich kann man noch Schaltung Fig. 199 verwenden

und die beiden Nebenschlusspulen so bauen, dass sie für eine Spannung  $e_{10} = e_{20} = \frac{e_2}{\sqrt{2}}$  eine Phasenverschiebung von  $75^\circ$  ihres

Stromes aufweisen. Man erhält dann analog wie beim vorigen Falle zwei Felder, welche in Phase mit  $e_2$  resp. senkrecht zu  $e_2$  liegen (Fig. 200).

Die beiden zuletzt angegebenen Schaltungen haben im Gegensatz zu der ersten Raab'schen Schaltung den für die praktische Ausführung wünschenswerten Vorteil, dass die beiden im Zähler wirksamen Nebenschlussmagnete vollkommen gleich ausgeführt werden können. Die

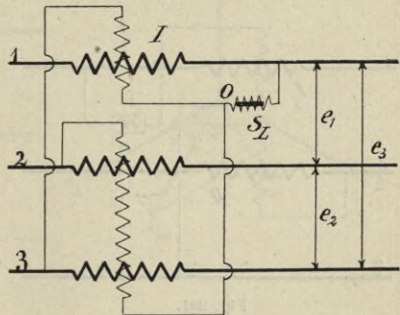


Fig. 198.

Schaltung Fig. 200 hat schliesslich vor der vorangehenden noch den Vorteil, dass der Energieverbrauch im Nebenschluss geringer ist, da derselbe proportional der Ko-

tangente des Verschiebungswinkels zwischen Strom und Spannung ist.\*)

A. Gast hat die in Fig. 201 skizzierte Schaltung angegeben\*\*), der die Aronsche Gleichung zu Grunde liegt. Die

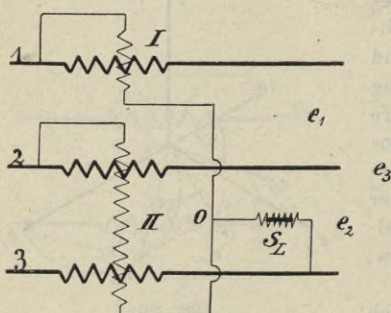


Fig. 199.

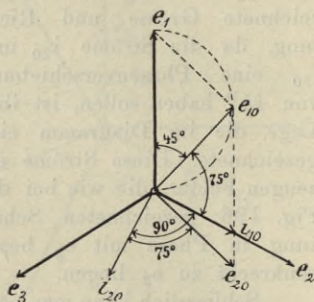


Fig. 200.

beiden Nebenschlusspulen sind so konstruiert, dass sie eine Phasenverschiebung von  $60^\circ$  hervorbringen, während die Widerstände der Nebenschlusspulen und der Widerstand  $W$

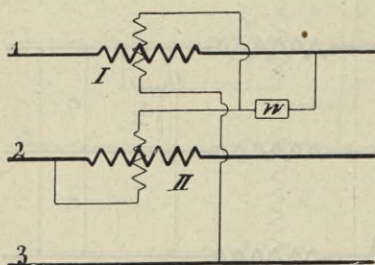


Fig. 201.

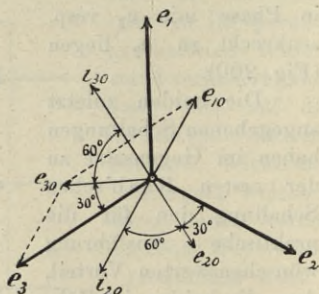


Fig. 202.

gleich sind, so dass  $e_{10} = e_{20} = e_{30}$  sind (Fig. 202). Statt der zwei von  $i_1$  und  $i_2$  durchflossenen Stromspulen können auch

\*) S. Möllinger. F. T. Z. 1900. Heft 28.

\*\*) D. R. P. No. 108 354.



vier verwendet, also  $i_1$  durch  $-(i_2 + i_3)$  und  $i_2$  durch  $-(i_1 + i_3)$  ersetzt werden.\*)

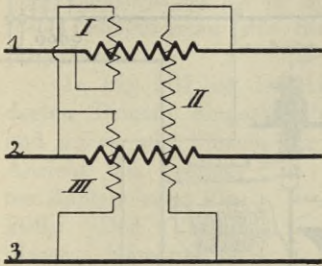


Fig. 203.

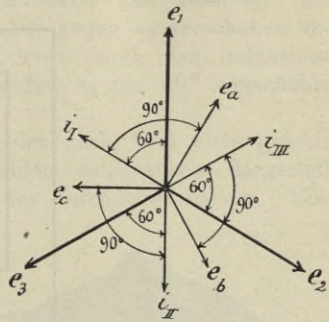


Fig. 204.

Einer von Fritsch-Trautmann angegebenen in Fig. 203 dargestellten Schaltung\*\*\*) liegt die Gleichung (32) zu Grunde, welche in der Form  $\mathfrak{C} = i_1 e_a + i_2 e_b + i_3 e_c$  geschrieben werden

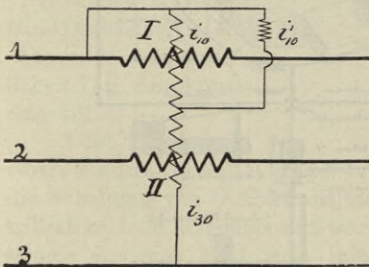


Fig. 205.

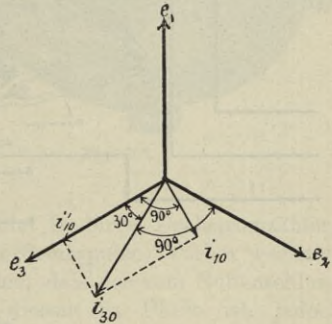


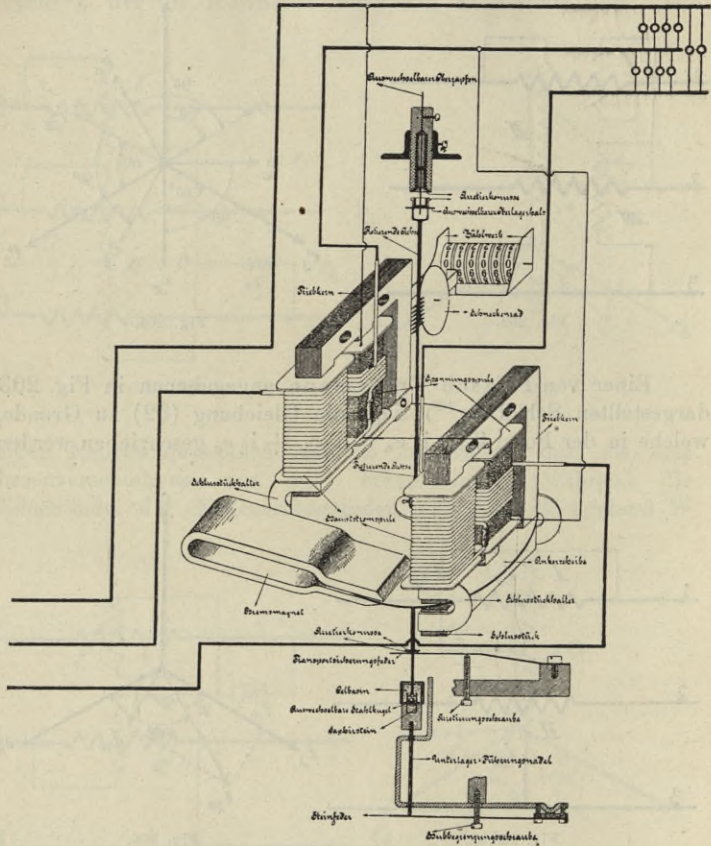
Fig. 206.

möge. Da  $i_3 = -(i_1 + i_2)$  ist, so kann man schreiben:  $\mathfrak{C}_t = i_1 e_a + i_2 e_b - (i_1 + i_2) \cdot e_c$ . Zur Erregung der drei Spannungsspulen werden die Spannungen  $e_1 e_3 e_2$  benutzt und

\*) D. R. P. No. 119 616.

\*\*) D. R. P. No. 119 377.

die Nebenschlusspulen so konstruiert, dass sie eine Phasenverschiebung von  $60^{\circ}$  hervorbringen (Fig. 204).



Schematische Darstellung.

Fig. 207.

Die Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft\*) verwendet bei ihren neuen Drehstromzählern die in Fig. 205 dar-

\*) E. R. 1901/02 Heft 3.



stellte Schaltung, der die Aronsche Gleichung zu Grunde liegt. ( $\mathcal{E}_t = i_1 \cdot i_3 + i_2 \cdot e_2$ ) Zur Erregung der Nebenschlusspulen wird jetzt nur eine Spannung verwendet und zwar  $e_3$ . Der Strom wird in der Spule II um  $30^\circ$  gegen  $e_3$  verschoben und liegt senkrecht zu  $e_2$ ; in Spule I wird durch den induktionsfreien Nebenschluss der Strom gegen  $e_3$  um  $90^\circ$  verschoben (Fig. 206).

In Fig. 207 ist der Aufbau des nach dem eben geschilderten Prinzip eingerichteten Zählers schematisch dargestellt und gehen alle Einzelheiten aus der Zeichnung hervor. Eine Ansicht des geöffneten Zählers zeigt Fig. 208. Der Vorteil dieser Konstruktion gegenüber den übrigen ist der, dass nur eine Spannung zur Anwendung kommt, was für die Einfachheit und Sicherheit von Bedeutung ist, da das für die Spannungen erforderliche äusserst feine Drahtmaterial ein besonders empfindlicher Teil der Apparate ist.

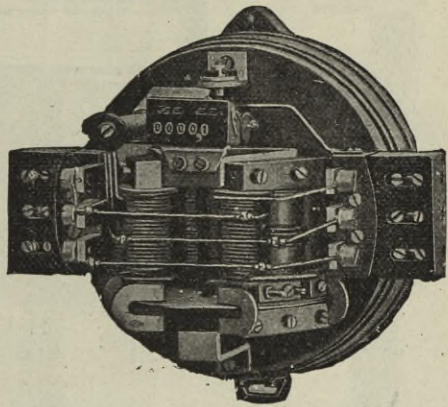


Fig. 208.

Die E. - A. - G. vorm. Schuckert & Co. verwendet in ihren Drehstromzählern die Schaltung von G. Gast mit vier Stromspulen. Vorher war stets stillschweigend angenommen worden, dass das vom Nebenschlussstrom erzeugte Feld auch mit diesem in Phase ist, jedoch trifft diese Voraussetzung aus schon früher erwähnten Gründen nicht zu. In dem Schuckertschen Zähler beträgt die Phasendifferenz von Nebenschlussstrom und Feld etwa  $20^\circ$ ; die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung demnach  $40^\circ$ .

Fig. 209—214 zeigen die Ansicht des Zählers und dessen einzelnen Teile. Für den Aufbau dienen drei Aluminiumstücke, die kreisförmige Grundplatte (Fig. 209 u. 211), der E-förmige Ständer (Fig. 210) und der rahmenartige Zählwerkkörper (Fig. 213).

Die Anker werden von zwei Aluminiumscheiben gebildet (Fig. 214), welche mit Hilfe von Messingnaben oben und unten auf dieselbe Achse aufgebracht sind. Eine kleine Fahne auf

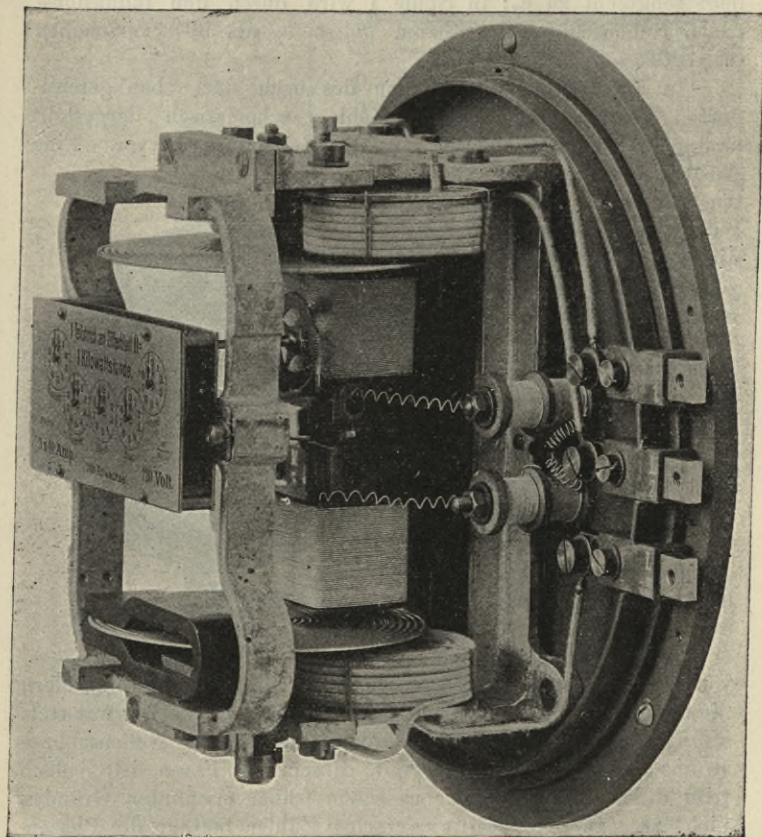


Fig. 209.

der Achse dient zum ausbalanzieren. In Fig. 212 ist die Hauptstromspule (h) von oben und von der Seite abgebildet,  $S_I$  ist ein Nebenschlussmagnet, a, b, c dessen Einzelteile. Die Hauptstromspulen besitzen eine längliche Gestalt; sie sind auf-



gebunden auf geschlitzte Spulenuntersätze aus Messing, auf welche wiederum zwei kleine Messingscheiben mit Büchsen gelötet sind. Letztere dienen zur Aufnahme der Befestigungsschrauben bei der Montage der Hauptstromspulen, während die ersteren dabei eine solide Sitzfläche bieten. Die Nebenschlussmagnete besitzen die Form eines Rechtecks, sie sind aus dünnen Blechen aufgeschichtet, welche

durch starke Deckbleche mit Hilfe von Hohlknoten zusammengehalten werden, und sind aus den beiden Teilen a und b zusammengesetzt, wobei der Stoss des Blechpackets an dem unteren, der Stoss der Deckbleche an dem oberen Ende des vertikalen Schenkels liegt. Nachdem die Spule aufgeschoben ist, werden beide Teile zusammen-

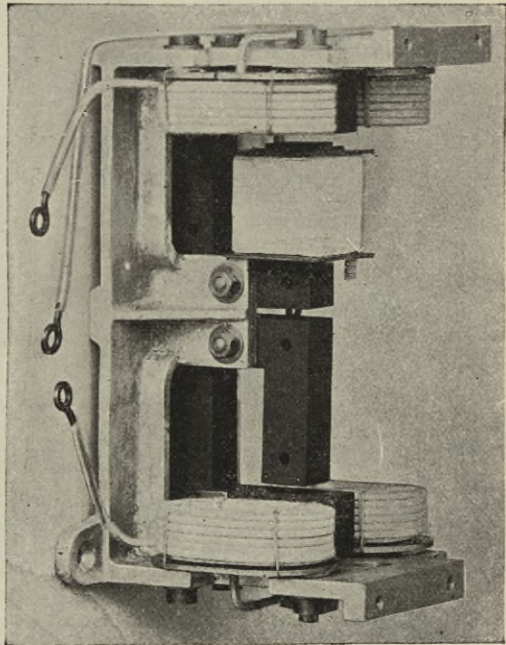


Fig. 210.

zusammengesteckt und durch zwei Schrauben (c), deren Köpfe versenkt sind und deren Muttern konische Ansätze haben, verschraubt. Auf diese Weise wird eine so innige Verbindung der beiden Teile erzielt, dass jede Veränderlichkeit und jedes Verziehen der Eisen ausgeschlossen ist. Für die Montage der Eisen ist an dem oberen horizontalen Schenkel ein Messingwinkel mit eingeknetet (Fig. 212, a,  $S_1$ ) und angeschraubt, während an dem unteren die mittlere Hohlknote zur Aufnahme eines Schraubenbolzens ausgebohrt ist.

Den Magneten ist ein guter Eisenschluss gegeben; ferner ist dadurch, dass dem vertikalen Schenkel der horizontale von beträchtlicher Länge gegenübersteht, den Kraftlinien ein Luft-

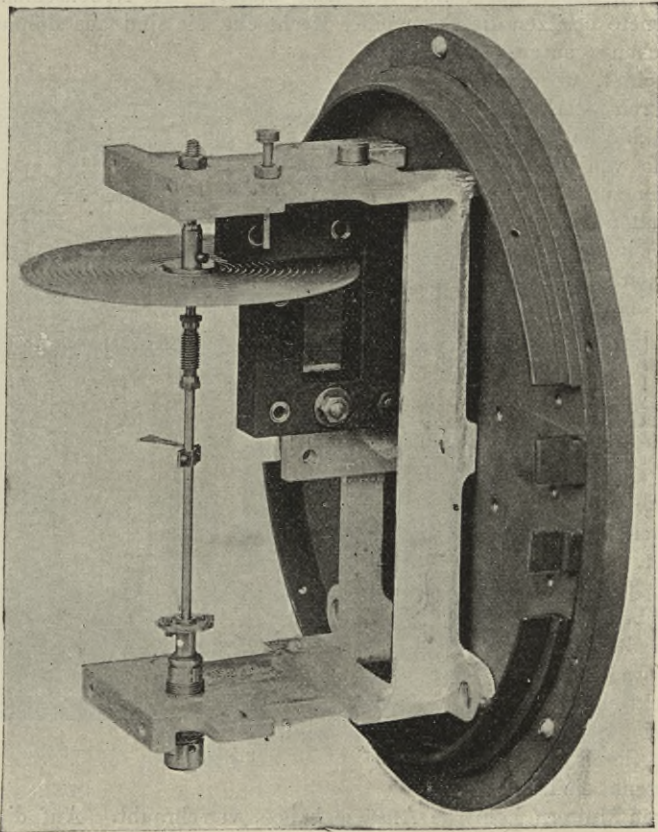


Fig. 211.

raum von grossem Querschnitt geboten; aus beiden Gründen ist der magnetische Widerstand klein. Dadurch, dass der Kraftlinienfluss aus der Spule direkt in die Scheibe eintritt, ist auch die Streuung gering.



Die stromführenden Teile werden getragen von dem E-förmigen Ständer. Die Form dieses Gussstückes ist aus Fig. 210 und 211 zu ersehen; oben und unten breitet sich dasselbe zu zwei horizontalen Platten aus, welche rechts und links durch je

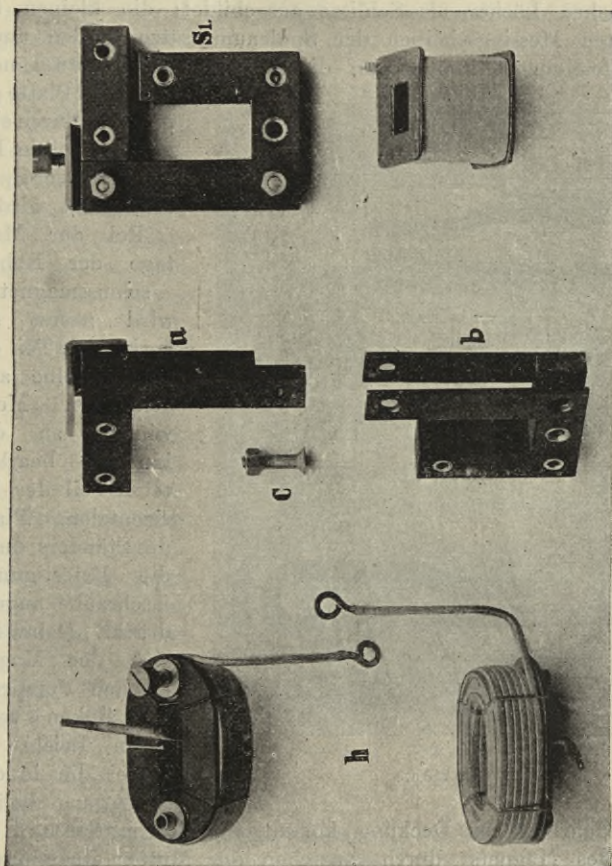


Fig. 212.

zwei vertikale Leisten von  $\Gamma$ -förmigem Querschnitt verbunden sind; die linke dieser Leisten hat in halber Höhe einen Vorsprung nach innen, an welchem eine vertikale Fläche angefräst ist; diese wird zur Montage der Nebenschlussmagnete benutzt.

Die Hauptstromspulen werden an die beiden horizontalen Platten des Ständers montiert, wie dies Fig. 210 zeigt.

Da für die Justierung des Apparates eine Verstellung der Hauptstromspulen erforderlich ist, werden die zur Aufnahme der Messingbüchsen der Spulenuntersätze in den Platten erforderlichen Löcher als Schlitz ausgebildet; die kleinen bearbeiteten Messingscheiben der Spulenuntersätze werden durch die Befestigungsschrauben auf die ebenfalls bearbeitete Innen-

fläche der Platte gepresst, wodurch eine äusserst solide Befestigung der Spule ermöglicht wird.

Bei der Montage der Nebenschlussmagnete wird zuerst der horizontale Teil des auf dieselbe aufgenieteten Messwinkels an den inneren bearbeiteten Teil der horizontalen Platte des Ständers durch die Befestigungsschraube ange-  
drückt. Dabei legt sich der Magnet an den Vorsprung der linken vertikalen Leiste an, wobei die in dem  
Vorsprung befind-

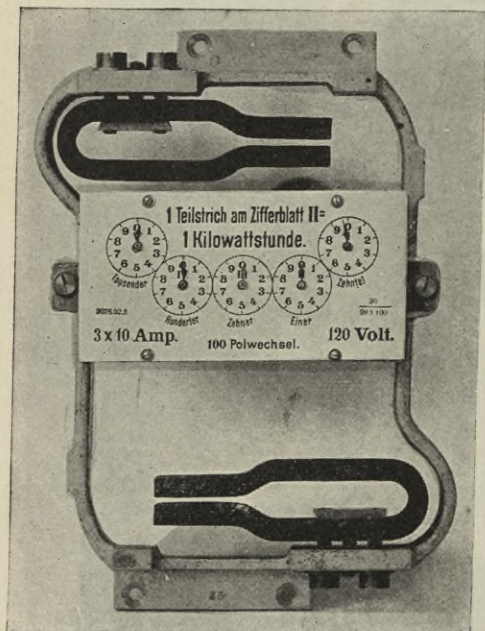


Fig. 213 a.

liche Bohrung zur Deckung kommt mit der mittleren Hohl-  
niete des Magnets; durch Anziehen der Mutter einer durch-  
gesteckten Kopfschraube wird der Magnet fest gegen die be-  
arbeitete Innenfläche des Vorsprungs gepresst. Auf diese Weise  
wird einerseits eine durchaus zuverlässige und zweckmässige  
Montage erreicht und andererseits bleibt der hintere vertikale  
Schenkel des Magnets für höhere Spannungen zur Aufnahme



einer weiteren Erregerspule reserviert. — Die horizontalen Platten des Ständers tragen noch die beiden Lager, wie Fig. 211 zeigt.

Der die beschriebenen Teile aufnehmende Ständer wird mit vier versenkten Schrauben auf die Grundplatte montiert; zwei derselben sitzen mit ihren Köpfen in den beiden am Ständer angegossenen Lappen, die beiden anderen in der Grundplatte und greifen in Gewinde, welche in die

beiden vertikalen Leisten in der halben Höhe derselben eingeschnitten sind. Der Ständer ist also nur unten und in der Mitte mit der

Grundplatte verschraubt, weshalb sich eine Verspannung der Letzteren nicht auf den Ständer überträgt.

Das dritte Gussstück — den Zählwerksträger — mit dem von ihm getragenen Elementen zeigt Fig. 213 a und b. Dasselbe hat die Form eines rechteckigen Rahmens;

an den horizontalen Seiten desselben werden die Dämpfungsmagnete verstellbar montiert, während auf zwei Verstärkungen der vertikalen Seiten das Zählwerk mit Hilfe von zwei lappenartigen Vorsprüngen der hinteren Platine befestigt wird. Der Zählwerksträger wird mit vier versenkten Schrauben auf die vordere Fläche des Ständers aufmontiert, welcher hierdurch zu einem aus zwei horizontalen Platten und vier dieselben verbind-

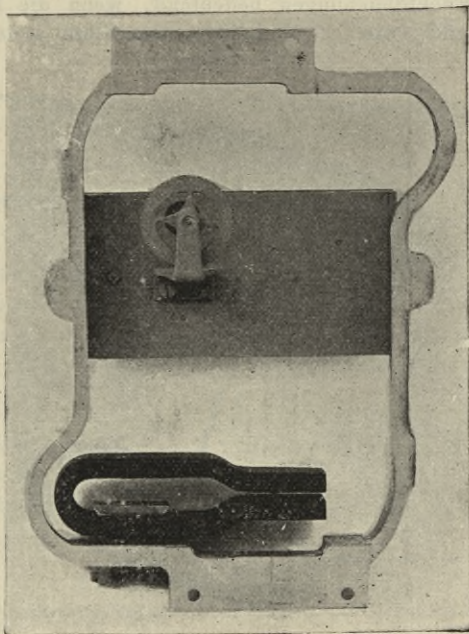


Fig. 213 b.

denden vertikalen Säulen bestehenden Kasten von grosser Stabilität vervollständigt wird.

Die bei der gewählten Schaltung notwendige Drosselspule wird genau wie die Nebenschlussmagnete gebaut und links von dem Ständer auf die Grundplatte montiert.

Die Konstruktion eines Drehstromzählers vereinfacht sich natürlich entsprechend den bereits im ersten Teile aufgestellten Effektleichungen bedeutend, wenn die Phasen gleich belastet sind, wie es bei Motorenanschluss stets der Fall ist. Man

könnte z. B. einen gewöhnlichen Einphasenzähler verwenden und dessen Hauptstromspule entsprechend der Gleichung für symmetrisch belastete Dreiphasenanlagen

$$\frac{G_t}{3} = i_1 \cdot e_a$$

in Leitung 1, dessen Nebenschlusspule zwischen Leitung 1 und einen künstlichen Nullpunkt schalten. Dann würde der Zähler stets ein Drittel des Gesamteffektverbrauchs anzeigen. Für Induktionszähler ist jedoch durch passende

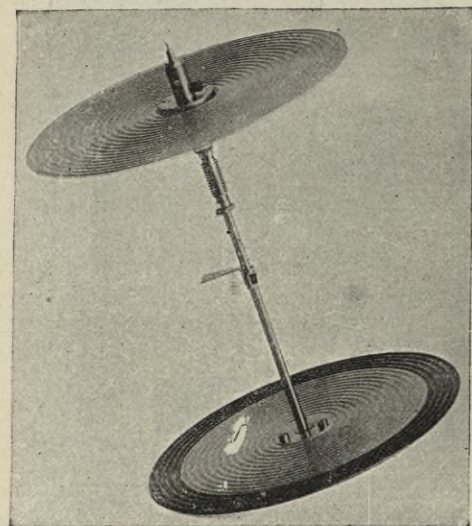


Fig. 214.

Wahl der Abzweigungen für die Nebenschlusspule ein künstlicher Nullpunkt, sowie die bei gewöhnlichen Einphasenzählern unbedingt notwendigen Hilfsvorrichtungen für die  $90^\circ$  Phasenverschiebung nicht notwendig.

Unter Benutzung der angegebenen einfachen Gleichung, kann man die in Fig. 215 dargestellte Schaltung verwenden. Die gewählte Spannung  $e_2$  steht senkrecht auf der Spannung  $e_a$ .



Legt man die Gleichung  $\frac{\mathcal{G}_t}{3} = i_a \cdot e_1$  zu Grunde, so kann man die Schaltung Fig. 216 anwenden.\*) Das sich aus  $i_1$  und  $i_2$  ergebende Feld der Hauptstromspulen liegt senkrecht zu  $i_a$ ,

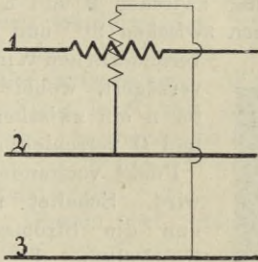


Fig. 215.

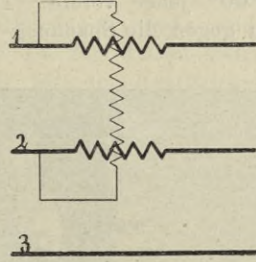


Fig. 216.

so dass die im Zähler wirkenden Felder die verlangte  $90^\circ$  Phasenverschiebung aufweisen.

Statt  $e_1$  kann man zur Erregung der Nebenschlusspule auch  $e_2$  benutzen und diese so konstruieren, dass ihr Feld gegen  $e_2$  eine Verschiebung von  $30^\circ$  aufweist.\*\*)

Die E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co.\*\*\*) benutzt für ihre Drehstromzähler mit gleichbelasteten Phasen die Schaltung Fig. 217, der die Gleichung  $\frac{\mathcal{G}_t}{3} = i_1 \cdot (e_1 - e_3)$  zu Grunde liegt. Zur Erzeugung des  $e_1 - e_3$  entsprechenden Feldes wird die Spannung  $e_3$  benutzt und die Nebenschlusspule so konstruiert, dass ihr Feld gegen die Spannung  $e_3$  um  $60^\circ$  verschoben ist und also senkrecht zu  $(e_1 - e_3)$  steht.

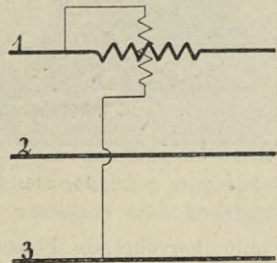


Fig. 217.

Die konstruktive Anordnung der Hauptstrom- und Nebenschlusspule erfolgt, wie Fig. 218 zeigt, in derselben Weise wie bei Einphasenzählern.

\*) Hartmann & Braun. D. R. P. 97568.

\*\*\*) Union E. G. D. R. P. No. 116032.

\*\*\*) D. R. P. No. 101419.

Ein von Ricardo Arno\*) angegebenes Verfahren zur genauen Messung der Leistung in symmetrisch belasteten Drehstromnetzen, beruht auf dem Zusammenhang der folgenden Grössen: Die Spannung zwischen den Punkten 0 und 1 (Fig. 219) eilt  $e_2$  um  $90^\circ$  voraus, während die Spannung zwischen 2 und 0 um  $60^\circ$  jener voreilt. Die Spannung zwischen 2 und n ist dann gegen die Spannung 0 1 um einen zwischen  $90^\circ$  und  $60^\circ$

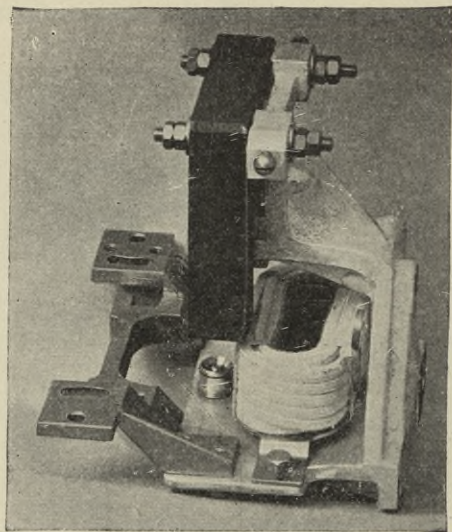


Fig. 218.

veränderlichen Winkel verzögert, wobei unter n ein zwischen 3 und 0 verschiebbarer

Punkt verstanden wird. Schaltet man nun die Stromspule in Leitung 1, die Spannungsspule an 2 und 3, so erhält man für das Drehmoment des Zählers nach der bekannten Beziehung:  $P = C \cdot e_{01} \cdot i_1 \cdot \sin(90^\circ - \varphi + \chi)$  wobei  $\varphi$  die Phasenverschiebung zwischen  $i_2$  und dem die Nebenschlusspule durchfließenden Strom ist, während  $\chi$  die aus der Selbstinduktion der spannungsmessenden

Spule herrührende Phasenverzögerung des die letztere durchfließenden Stromes gegen ihre Spannung ist. — Um den Einfluss der Selbstinduktion zu beseitigen, benutzt Arno nicht die Spannung  $e_2$  sondern die zwischen den Punkten 2 und n herrschende Potentialdifferenz und wählt n so, dass die Spannung zwischen 0 und 1 derjenigen zwischen 2 und n um  $90^\circ - \chi$  voreilt. Dann hat man:  $P = C \cdot e_{01} \cdot i_1 \cdot \sin(90^\circ - \chi - \varphi + \chi)$  d. h. das Drehmoment ist proportional der Leistung des Wechselstromes in einem der drei Zweige der Verkettung.

\*) D. R. P. No. 124929. Ecl. él. 1900.



Bei Anwendung dieser Schaltung ist es also nicht nötig, vor die Spannungsspule zur Beseitigung der Selbstinduktion derselben einen grösseren bifilaren Widerstand zu schalten, wie es bei der in Fig. 215 angegebenen Schaltung notwendig wäre

Für Dreiphasenstrom mit vier Leitungen werden von der Union E.-G. die Schaltungen Fig. 220 und 221 für Induktionszähler verwendet, welche den Gleichungen (44a und 46) und den Schaltungen Fig. 12 und 14 für dynamometrische Zähler entsprechen. Wiederum gilt für die Kraftwirkungen der Spule in 0 und der mit

dieser zusammenwirkenden Spule in 2 resp. 3 das Verhältnis 1:3.

Obwohl bei Induktionszählern das Gewicht des beweglichen Teiles sehr gering, so dass die im Fusslager auftretende Reibung nur unbedeutend ist, bringt man doch noch ähnlich wie bei den dynamometrischen Motorzählern Reibungskompensationen in Form von Zusatzdrehmomenten an.

Zu diesem Zwecke bringt die E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. ein zu einem Hufeisen

gebogenes Stückchen weichen Eisens an, das die Scheibe in der Nähe des mit der induktiven Nebenschlusswicklung versehenen Magneten umgreift und mit letzterem zusammen eine konstante Zugkraft ausübt.

Hummel versieht die Zählerarmaturen mit unsymmetrischen Polansätzen, so dass schon unter der Einwirkung der Nebenschlussströme allein ein Drehmoment auf die Armaturglocken ausgeübt wird, welches hinreicht, die Reibungswiderstände zu eliminieren.

Dieselbe Wirkung hat die von E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. bei ihren Drehstromzählern verwendete Vorrichtung. In die obere Platte des Ständers ist rechts und links von dem horizontalen Schenkel des Magnets je ein Gewinde eingeschnitten, welches zur Aufnahme einer eisernen Schraube, der

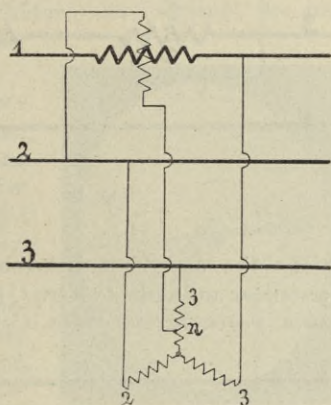


Fig. 219.

sogenannten Anlaufschraube, dient (Fig. 211). Sie wird bedarfsweise in das eine oder andere dieser Gewinde eingesetzt

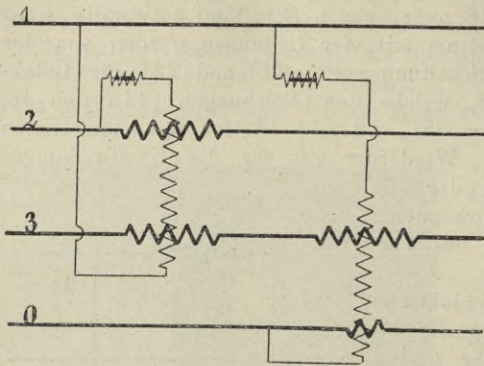


Fig. 220.

& Halske das Zusatzdrehmoment dadurch erreicht, dass der verstellbar angeordnete Kern C (Fig. 182) an seiner den Spannungspolen gegenüberstehenden Cylinderfläche mit je einer kleinen

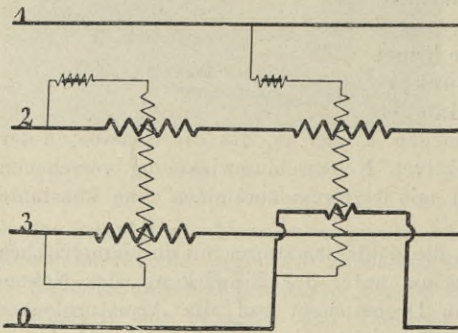


Fig. 221.

in die punktiert gezeichnete Stellung kommen, so tritt ein kleines Drehmoment auf, und zwar dreht sich die Trommel gerade der Richtung entgegengesetzt, nach welcher der Kern gedreht ist. — Diese Einrichtung ist justierbar durch die Schraubenverstellung L.

und bewirkt eine mehr oder weniger kräftige Drehung der Ankerscheibe, indem der von den Nebenschlussmagneten in der Scheibe induzierte Wirbelstrom von der eisernen Schraube angezogen wird.

In etwas anderer Weise wird in den Induktionszählern der A.-G. Siemens

Nuthe N versehen wird. Stehen diese Nuthen symmetrisch zu den Spannungspolen, so wird ohne Verbrauchsstrom kein Drehmoment auf die Trommel ausgeübt. Verdreht man jedoch den Kern ein wenig nach der einen oder nach der anderen Seite, so dass die Nuthen



An demselben Zähler möge noch eine Einrichtung erwähnt werden, welche dazu dient, den Apparat gegen äussere Erschütterungen unempfindlich zu machen. Diese Einrichtung besteht darin, dass das ganze bewegliche System ständig in äusserst schnelle und kräftige Erschütterungen versetzt und hierdurch zugleich die Zapfenreibung ganz bedeutend verringert wird. Hierzu dient der kleine Elektromagnet G (Fig. 182), dessen Anker die das Steinlager tragende Feder H in kräftige Schwingungen setzt.

Die Anbringung von Zusatzdrehmomenten erfordert nun aber auch Vorrichtungen zur Verhütung des Leerlaufs, die hier ebenso durch Veränderung der Zapfenreibung auftreten können.

Solche Vorrichtungen sind bereits bei den dynamometrischen Motorzählern beschrieben worden, und können zum Teil auch hier Verwendung finden, so z. B. die Hinzufügung künstlicher Reibung, die magnetische Haltestelle.

Für Induktionszähler im besonderen wurde eine Einrichtung von Schrader angegeben\*) und wird in den bereits oben beschriebenen Ferrariszählern der A.-G. Siemens & Halske benutzt. Sie besteht darin, dass der untere Rand der drehbaren Trommel mit einer Anzahl, meist vier (Fig. 181), ganz kleinen Einschnitten versehen wird. Hierdurch wird erreicht, dass der Widerstand der Trommel nach einer bestimmten Achse ein kleinerer, nach der anderen darauf senkrechten Achse ein grösserer wird. — Die Trommel stellt sich nun stets so vor die Spannungspole dass der in ihr erzeugte Strom ein Minimum ist, sie ist dann nach der einen oder anderen Seite nur mit Aufwand einer bestimmten Kraft drehbar.

Die Helios E.-G. versieht den Scheibenanker des Bláthy-zählers mit Löchern oder Schlitzten (Fig. 222) wodurch dieselbe Wirkung erreicht wird.

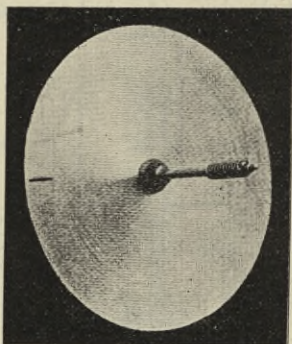


Fig. 222.

\*) E. T. Z. 1901. Heft 33.

Die Induktionsmotorzähler haben sich in Wechsel- und Drehstromanlagen jetzt fast allgemein eingeführt, da ihre Bedienung wegen der kleinen Zahl beweglicher Teile weit weniger sorgfältig zu sein braucht. Auch ist ihre Betriebssicherheit aus demselben Grunde eine bedeutendere.

Die Genauigkeit der Angaben bleibt, obwohl diese von der Polwechselzahl abhängig sind, noch gut in den praktisch zulässigen Grenzen.

### c) Konstruktionsdetails zu Motorzählern.

Konstruktion der Achsenlagerung. Auf die Konstruktion der unteren Lagerung ist in Anbetracht der Wichtigkeit dieses Teiles für Motorzähler besondere Sorgfalt zu verwenden.

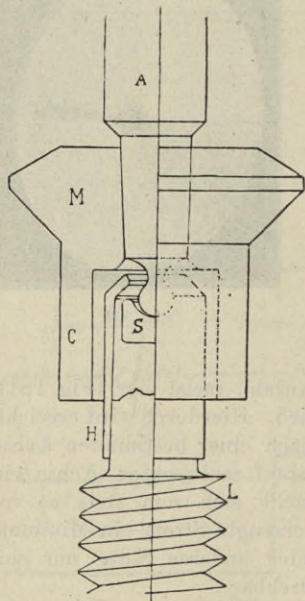


Fig. 223.

Eine Ausführungsform, welche die E. A.-G. vorm. Schuckert & Co. bei ihren S. 136 beschriebenen Wechselstromzählern verwendet, ist in Fig. 223 dargestellt. Die Kugel, in welcher die Zählerachse A endet, läuft in der in der Lagerschraube L gefassten Saphierpfanne S. Der Lagerschraube ist oben eine leicht konische Form gegeben, auf welche eine ebenfalls konische Hülse H dicht schliessend aufgesetzt wird. Der über der Lagerschraube emporragende Teil der Hülse ist umgedrückt und bildet so eine Ölkammer um die Kugel herum; die obere Öffnung ist möglichst klein — gerade so gross, dass die Kugel bequem hindurch geht — um ein Entweichen des Öles beim Versand bei heftigen Stössen zu verhindern.

Auf die Achse ist unten ein Messingteil M aufgesetzt; an dem konischen Teil desselben greift die Arretierung an; der cylindrische Teil C ist innen ausgebohrt und bildet für die



feinpolierte Kugel eine schützende Höhlung. Hierdurch wird einerseits dem Staub und Schmutz das Eindringen in das eigentliche Lager erschwert, andererseits kann die Kugel nicht so leicht beschädigt werden, ehe der Anker in den Zähler eingesetzt ist, bzw. wenn er aus demselben herausgenommen wird.

Häufig wird die Konstruktion so ausgeführt, dass die etwas ausgehöhlte Achse auf einer austauschbaren Stahlkugel ruht (s. Fig. 224).

Zwecks bequemer Revision und Auswechslung des Steinlagers wird von Siemens & Halske A.-G. ein beweglicher Bock *d* (Fig. 124) angeordnet, welcher nach Lösen der Schraube *c* heruntergeklappt werden kann, ohne dass sonst irgend welche Änderungen am Apparat notwendig werden.

Die Konstruktion der unteren Lagerung der Zähler der „Union“ E. G. zeigt Fig. 225.

Die Lagerung der Achse ist stets von einem Ölbassin umgeben, welches mit Knochenöl oder jahrelang haltbarem Pasdreuhröl gefüllt wird.

Der Zapfen, mittels dessen das obere Wellenende bei Motorzählern gelagert ist, soll einerseits möglichst dünn gemacht werden, um die Lagerreibung auf ein Minimum zu beschränken, andererseits muss er jedoch so stark sein, dass er unter den beim Transport des Zählers auftretenden Erschütterungen des Drehkörpers nicht abbricht. Fig. 224 zeigt eine Ausführungs-

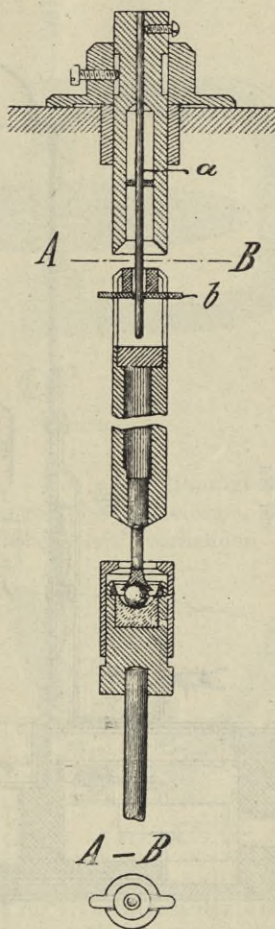


Fig. 224.

form der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft. Der

Zapfen ist aussergewöhnlich lang gemacht und der Lagerhals des Drehkörpers möglichst nahe an dem freien Ende des Zapfens gelagert, so dass der letztere bei Erschütterungen federnd

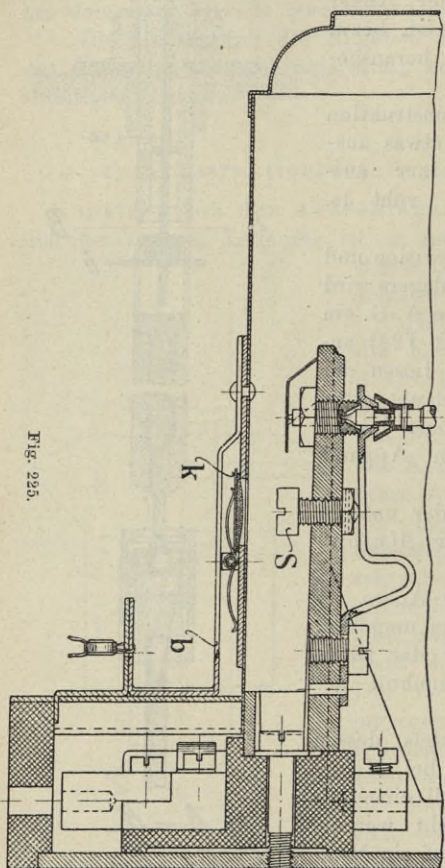
nachgiebt. Infolgedessen kann derselbe auch ausserordentlich dünn gemacht werden.

Der den Lagerzapfen bildende federnde Draht a ist hierbei oben in eine feststehende Hülse eingespannt; nahe an dem unteren Ende des langen freien Stückes dieses Drahtes ist auf demselben ein Metallplättchen b gelagert, welches in das obere Ende der Welle des Drehkörpers verschiebbar und auswechselbar eingesetzt ist und mit dem letzteren umläuft. Draht a und Plättchen b sind sehr dünn, so dass zwischen beiden nur eine äusserst geringe Reibung entsteht.

Die Federung des Drahtes kann durch Verschieben eines denselben seitlich abstützenden Ringchens in der ihn

haltenden Hülse geregelt werden. Wenn das Loch in dem Plättchen ausgelaufen ist, kann das letztere leicht durch ein neues ersetzt werden.

Fig. 225.





Eine andere Lagerkonstruktion für den Wellenoberzapfen zeigt Fig. 230; sie wird von der E. A.-G. vorm. Schuckert & Co. bei ihren S. 155 beschriebenen Drehstromzählern verwendet.

Bei Anwendung der magnetischen Achslagerentlastung von Stanley\*) ist die

Lagerkonstruktion weit einfacher, da die Achse schwebt. Fig. 226 zeigt schematisch die Anordnung für einen Induktionszähler der Stanley Instrument Company New-York.\*\*)

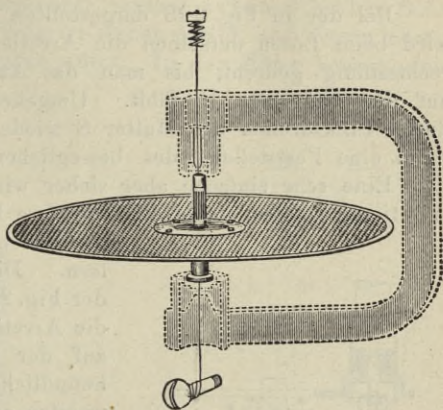


Fig. 226.

Arretierungsvorrichtungen. Bei aller Mannigfaltigkeit haben die Arretierungsvorrichtungen das gemeinsam, dass in der Regel ein Teil, Schraube, Hebel, Griff vorhanden ist, und aus der Umhüllung des Instrumentes hervortritt, durch dessen Vor- oder Zurückstellung das Instrument freigegeben oder gesperrt wird. Meist bewegt dieser verstellbare Teil einen Konus, welcher beim Arretieren gegen einen zweiten auf der Ankerachse befindlichen gepresst wird (Fig. 227) und so das bewegliche System gegen das obere Halslager drückt.

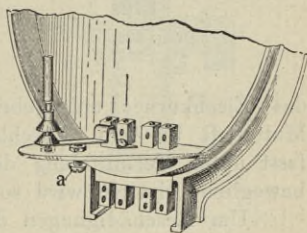


Fig. 227.

Bei dem Flügelwattstundenzähler für Gleichstrom der Firma Siemens & Halske A.-G. (Fig. 124, S. 105) dient zur Arretierung die Schraube a, welche einen Messingwinkel h gegen

\*) s. S. 96.

\*\*) El. World. Bd. 33, S. 855.

den Konus einer auf der Achse befestigten Buchse k presst, den Lagerzapfen aus dem Steinlager hebt und so das bewegliche System festlegt.

Bei der in Fig. 228 dargestellten Arretier Vorrichtung wird beim Lösen derselben die Arretiermutter S so lange rechtssinnig gedreht, bis man das Aufsitzen des Kolbens K auf der Unterlage U fühlt. Umgekehrt muss die Feder F durch Linksdrehen der Mutter S wieder frei gemacht werden, wenn eine Feststellung des beweglichen Systems erfolgen soll.

Eine sehr einfache aber sicher wirkende Vorrichtung zum Arretieren verwendet die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft bei ihren Drehstromzählern. Die Einrichtung geht aus der Fig. 207 S. 154 hervor. Durch die Arretierungsschraube wird ein auf der Transportsicherungsfeder befindlicher Konus gegen einen zweiten auf der Achse befindlichen gepresst, hierdurch hebt sich das bewegliche System und wird mit Hilfe der am Oberlagerhals befindlichen Arretierkonusse festgestellt.

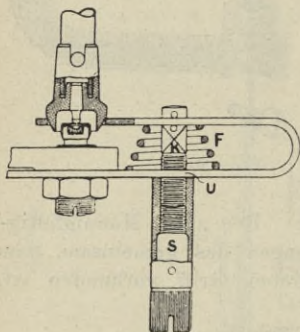


Fig. 228.

Die Wechselstromzähler derselben Firma haben eine in Fig. 229 dargestellte Arretier Vorrichtung, welche im Inneren

des Eisenkernes untergebracht ist. Durch Linksdrehen der Mutter R bis zum Anschlag wird der Bolzen B bewegt und fasst unter Vermittlung der Stifte S die Glocke G und das bewegliche System wird so gegen das obere Halslager gepresst.

Um Beschädigungen des unteren Achsenendes, das ist die Kugel oder Spitze der Achse, oder des Saphiersteines bei heftigen Stößen während des Transportes unmöglich zu machen, konstruiert man zweckmässig die Feststellvorrichtung so, dass gleichzeitig mit dem Festklemmen des Ankers ein Zurückschrauben des Lagers erfolgt. In Fig. 230 ist eine solche mit dem Fusslager kombinierte Arretierung dargestellt\*). Sie wird von der Firma E.-A.-G. vorm. Schuckert & Co. angewendet:

\*) E. T. Z. 1900 Heft 29.



Die Messinghülse H wird in die untere Platte des Ständers eingeschraubt und mit einer Gegenmutter gesichert; H ist innen von oben und unten aufgebohrt, sodass zwischen beiden Bohrungen noch ein Ring Material stehen bleibt, auf dessen obere Fläche sich eine Spiralfeder stützt. In der Hülse bewegt sich

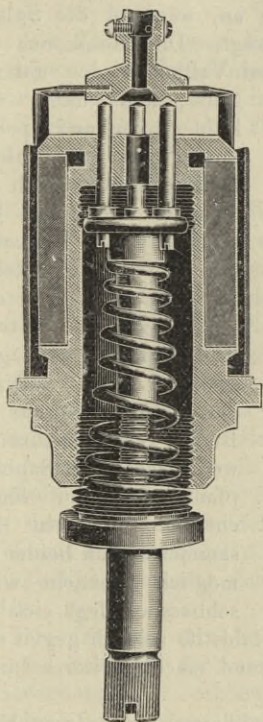


Fig. 229.

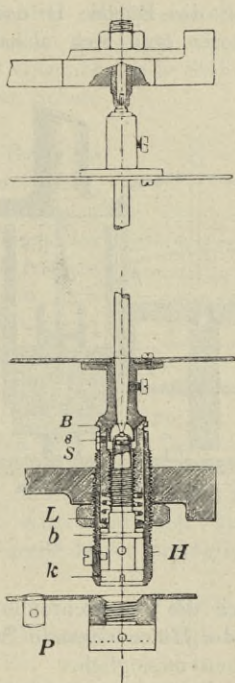


Fig. 230.

die Lagerschraube L, welche oben in einem leicht konisch geschliffenen Teil die Saphierpfanne S trägt; durch Aufsetzen einer dichtschiessenden Kappe wird über der Lagerpfanne eine Ölkammer gebildet.

Die Lagerschraube ist unten eingedreht, sodass nur der Bund b und der den Schlitz tragende Kopf k stehen bleiben. Sie greift ein in das Gewinde der Büchse B, welche oben eine

sich nach aussen konisch erweiternde Bohrung enthält, und welche, mit Rücksicht auf den Stift s, sich nicht drehen kann. Um den Zähler zu arretieren, fasst man durch eine unten im Gehäuse befindliche, mit einer Plombenschraube P verschliessbare Öffnung hindurch, mit dem Schraubenzieher die Lager- schraube und dreht sie links herum. Hierbei liegt zunächst ihr Bund b an dem Ring der Hülse an, während die Spiral- feder die Büchse B nach oben bewegt. Der Hohlkonus der letzteren legt sich alsbald gegen den Vollkonus der unteren

Nabe, hebt dabei den Zähleranker und presst ihn gegen das obere Halslager, wobei sich der oben an die Achse angeschnittene Vollkonus fest in den Hohlkonus des oberen Lagers einsetzt. Durch weiteres Linksdrehen der Lager- schraube wird bewirkt, dass sich dieselbe aus der Büchse B herauschraubt, wodurch sich die Saphier- pfanne von der Kugel entfernen und ein Zusammenstossen beider unmöglich gemacht wird; schliesslich legt sich ein

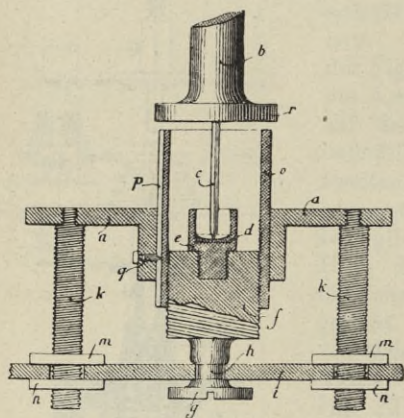


Fig. 231.

durch die Lagerschraube gesteckter Stahlstift seitlich gegen eine an der Hülse sitzende Schraube und macht weiteres Linksdrehen unmöglich.

Es ist also dadurch, dass der Vollkonus der unteren Nabe sich in den Hohlkonus der Büchse fest einsetzt, einerseits ein absolut sicheres Festklemmen des Zählerankers gewährleistet, andererseits ist das Zählerlager, so lange der Apparat unbenutzt ist, völlig staubdicht abgeschlossen.

Bei der Feststellvorrichtung von Mühlenbruck und Schmidt\*) (Fig. 231) wird das Lager durch das Metallstück e mit dem Lagerstein d gebildet, und dieses ist durch irgend

\*) D. R. P. No 114311.



ein geeignetes Mittel im oberen Teile einer starken Schraube *f* befestigt, deren Kopf *g* einen Hals *h* von geringerem Durchmesser besitzt, der zwischen zwei stärkeren Stücken liegt. Dieser Hals *h* ist in eine Spalte eingesetzt, die sich in einer Platte *i* befindet, die ihrerseits mit dem Gestell *a* durch zwei Schrauben *k* und zwei Paar Schraubenmuttern *m* und *n* verbunden ist.

Der Zweck dieser Anordnung ist, eine Höheneinstellung der Schale *e* im Verhältnis zum Gestell *a* zu gestatten, um den Motor des Zählers genau in die von ihm einzunehmende Stellung zu bringen und um die Feststellung der Schale in der gewollten Lage zu ermöglichen.

In der cylindrischen Öffnung des Gestelles *a*, deren Achse mit der Welle *b* zusammenfällt, kann eine mit Innengewinde versehene Hülse *o* gleiten, die auf ihrer Aussenseite eine Längsnute *p* besitzt, in welche eine am Gestell *a* befestigte Schraube *q* eingreift. Die Hülse *o* kann sich also nicht drehen; infolgedessen wird, wenn man den Kopf *g* der Schraube *f* dreht, ein Steigen oder Sinken der Hülse *o* veranlasst, denn die Schraube *f* kann sich nicht in der Richtung ihrer Achse bewegen, weil sie durch die Platte *i* festgehalten wird. Beim Steigen trifft die Hülse auf den das Ende der Welle *b* bildenden Flansch *r*, nimmt die Welle mit und trennt so die Spitze *c* vom Lager *d*. Also auch hier kann die beliebige Trennung der Welle von ihrem Lager ermöglicht werden.

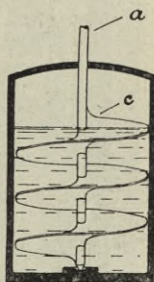


Fig. 232.

Die Bremsvorrichtungen. Bereits S. 78 sind die Vorteile und Nachteile der verschiedenen für Motorzähler möglichen Bremsvorrichtungen erklärt worden. Es mögen daher im folgenden nur einige konstruktive Anordnungen beschrieben werden. — Luft- und Flüssigkeitsbremsen sind heute kaum noch im Gebrauch, da sie nicht konstant wirken und weit mehr Wartung bedürfen als die magnetischen Bremsen. Die Anordnung der Luft- und Flüssigkeitsbremsen ist meist so getroffen, dass Schaufelräder oder Flügel im Widerstandsmittel (Luft, Glycerin etc.) rotieren. Eine neuere von Catenhusen\*) angegebene Bremsvorrichtung besteht aus einer Schnecke *c*, welche

\*) D. R. P. No. 118 388.

in einem geeignet cylindrisch begrenzten Flüssigkeitsbade durch die zu regelnde Vorrichtung zum Umlaufen gezwungen wird. Durch die Anwendung der Schnecke sollen Temperatureinflüsse, welche die Dichtigkeit der vorhandenen Flüssigkeit verändern und dadurch einen nachteiligen Einfluss auf das Messergebnis ausüben, ausgeglichen werden.

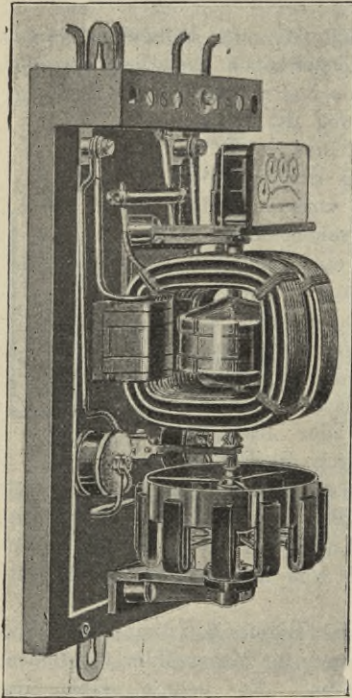


Fig. 233.

Die magnetischen Bremsvorrichtungen, bei denen in einer Metallscheibe oder Trommel durch permanente Magnete bei der Rotation Wirbelströme hervorgerufen werden, welche die Bremswirkung verursachen, werden heute fast ausschliesslich angewendet, und ist ihre gewöhnliche Konstruktion aus den zahlreichen Figuren zu erkennen. Zwischen den Polen eines oder mehrerer verstellbarer permanenter Magnete rotiert eine Metallscheibe aus Kupfer oder Aluminium, welche öfters zur Erreichung grösserer Steifigkeit gewellt ist.

Abweichend von dieser Konstruktion verwendet die Compagnie pour la fabrication des Compteurs in Paris bei ihren Vulkanzählern (Fig. 233) einen mit der Zählerachse verbundenen Kupferring, welcher zwischen den Polen einer Anzahl auf einem Achsenkreuz angebrach-

ten Magneten rotiert. Das Achsenkreuz selbst ist in einer Schraube drehbar, so dass die Magneten mehr oder weniger den Kupferring umfassen können und die Stärke der Bremsung reguliert werden kann.

Bei Ferrarismessgeräten mit Scheibenanker wird, wie bereits früher erwähnt, diese gleichzeitig als Bremsscheibe benutzt, und die Anordnung der Dämpfungsmagnete ist ohne Schwierig-



keit zu bewirken. Wenn indessen statt der flachen Scheibe eine Trommel angewendet wird, so ordnet man gewöhnlich auf derselben Achse eine besondere Bremsscheibe an, die zwischen den Polen eines oder mehrerer Stahlmagnete umläuft. Man kann jedoch auch in diesem Falle die besondere Bremsscheibe ersparen. Zu diesem Zwecke baut Siemens & Halske A.-G. die Trommel b und den Eisenkern c (Fig. 234) etwas länger

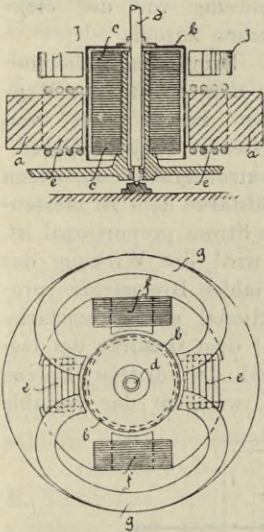


Fig. 234.

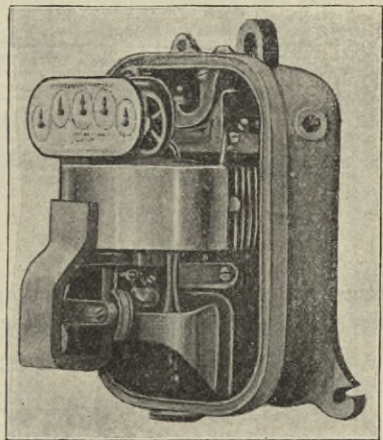


Fig. 235.

und ordnet die für die Dämpfung bestimmten Stahlmagnete g derart an, dass ihre Polflächen dem cylindrischen Teil der Trommel gegenüberstehen. Ihren magnetischen Schluss finden die Magneten durch den verlängerten, von der Trommel umgebenen Eisencylinder c.

In anderer Weise ist die Trommel gleichzeitig für die Dämpfung benutzt bei dem in Fig. 235 abgebildeten Zähler der Fort Wayne-Electric-Works.

Zähler, welche nur mit konstantem Bremsfeld versehen sind, laufen bei geringer Stromstärke relativ zu langsam, da bei dieser die mechanische Bremsung durch Reibung, welche

proportional der Geschwindigkeit, im Verhältnis zur elektrischen Bremsung durch Wirbelströme, die proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit, sehr bedeutend ist. Je grösser die Stromstärke und damit die Geschwindigkeit wird, um so mehr tritt die Wirkung der mechanischen Bremsung vor der elektrischen zurück.

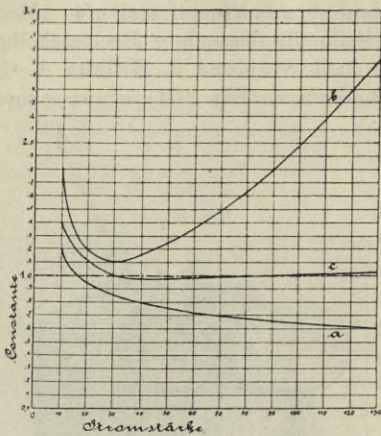


Fig. 236.

Bringt man daher neben dem konstanten Magneten noch einen von ersterem unabhängigen Elektromagneten an, dessen Feldstärke dem zu messenden Strom proportional ist, so wird die Wirkung des variablen Bremsfeldes proportional der Stromstärke mal dem Quadrat der Geschwindigkeit, also annähernd proportional der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Ein Zähler, bei welchem das variable

Bremsfeld bedeutend in seiner Wirkung überwiegt, wird demnach bei starken Strömen viel zu langsam laufen. Durch

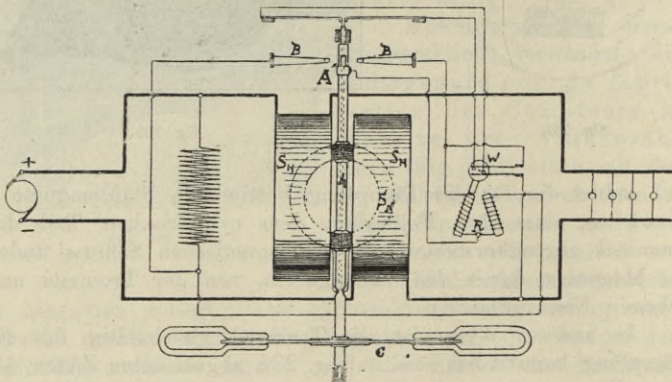


Fig. 237.

Bremsfeld bedeutend in seiner Wirkung überwiegt, wird demnach bei starken Strömen viel zu langsam laufen. Durch



passende Abschwächung des variablen Feldes ist daher die Möglichkeit gegeben, den Zähler so zu bremsen, dass er innerhalb eines bestimmten Messbereiches ziemlich wenig von der Proportionalität abweicht.

Die Wirkung dieser von Dr. L. Strasser angegebenen Anordnung zeigt das Diagramm Fig. 236. In demselben sind als Abscissen die Stromstärken aufgetragen, welche in dem Hauptstromkreise herrschen, als Ordinaten die Konstanten des Zählers. Kurve a ist die Aichung des Zählers, wenn die Bremsscheibe nur in konstantem Felde rotiert, Kurve b zeigt den Fall, dass die elektromagnetische Bremsung überwiegt, Kurve c endlich giebt die Aichung des Apparates, bei welchem die Erregung des Elektromagneten durch passende Wahl des Widerstandes entsprechend reguliert ist.

#### 4. Oscillierende Zähler.

Unter oscillierenden Zählern versteht man solche Verbrauchsmesser, bei denen im Felde fester vom Verbrauchstrom durchflossener Spulen eine oder mehrere Spannungsspulen hin und her schwingen, deren Strom zwecks Aufrechterhaltung der Bewegung durch besondere Vorrichtungen, wie Relais, am Ende jeder Schwingung umgekehrt wird. — Zweck der Konstruktionen ist, die bei gewöhnlichen elektrodynamischen Motorzählern durch die Bürsten hervorgerufenen Mängel zu beseitigen.

Oscillierende Zähler wurden zuerst von M. Rotten und E. Thomson, später von G. Hummel\*) und A. Lotz\*\*) angegeben, und zwar sind die Prinzipien der beiden letzteren Zähler identisch.

Bei dem in Fig. 237 schematisch dargestellten Hummelschen Zähler ist eine Nebenschlusspule  $S_N$  drehbar zwischen zwei feststehenden Spulen  $S_H$  gelagert. Letztere werden vom Hauptstrom durchflossen. Der beweglichen Spule wird der Spannungsstrom mittelst biegsamer Leitungen zugeführt. Ist der Zähler in Betrieb, so dreht sich die Nebenschlusspule so lange nach der einen Seite, bis der an der Achse befestigte Kontaktarm A mit der betreffenden Kontaktfeder B die eine Spule des Relais R kurzschliesst. Hierdurch erfolgt eine Um-

\*) Über Motorelektrizitätszähler von G. Hummel. Stuttgart 1898. (Voitsche Sammlung) und E.-A. 1898, No. 57.

\*\*) E.-A. 1898, No. 61.

steuerung des Stromwenders W, wodurch der in der Nebenschlusspule fließende Strom seine Richtung ändert, und es tritt eine rückläufige Bewegung der Spule ein. Die Schwingung dauert bis zum abermaligen Kontakt auf der anderen Seite und das Spiel wiederholt sich. — Die von dem oscillierenden Motor

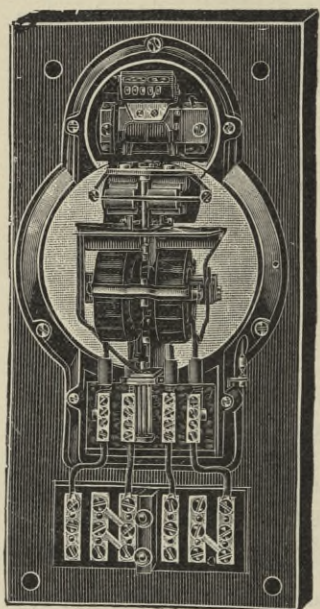


Fig. 238.

geleistete Arbeit wird in bekannter Weise dadurch konsumiert, dass eine auf der Motorachse sitzende Metallscheibe C zwischen den Polen kräftiger permanenter Magnete schwingt. Da die Zugkraft des eisenfreien Motors direkt proportional dem Wattkonsum ist, die von der Dämpfung verbrauchte Arbeit proportional der Schwingungszahl, so ist die Bedingung der Proportionalität zwischen Wattverbrauch und Schwingungszahl erfüllt.

Der von A. Lotz angegebene von der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft hergestellte in Fig. 238 in Ansicht dargestellte Zähler unterscheidet sich dadurch von dem Hummelzähler, dass die bewegliche Nebenschlusspule mit zwei gleichen aber in entgegengesetztem Sinne geführten, getrennten

Wicklungen versehen ist und durch abwechselndes Kurzschliessen der einen und der anderen dieser Wicklungen die Umkehrung der Bewegung veranlasst wird. Ebenso wie beim Hummelzähler wird zur Vermeidung von Funkenbildung und toten Stellungen das Relais bei Vollendung jeder Oscillation der Nebenschlusspulen nur durch abwechselndes Kurzschliessen von Teilen seiner Wicklung in Funktion gesetzt und zwar durch Anstoss eines mit der beweglichen Spule sich drehenden Kontaktarmes an feststehende Begrenzungskontakte. Es entstehen so nacheinander vier Phasen der Schaltung, die man aus den Schematas Fig. 239 a—d verfolgen kann.



Da die jeweils durch den Kontaktarm kurz geschlossene Wicklung des Relais nur einen Bruchteil des Gesamtwider-

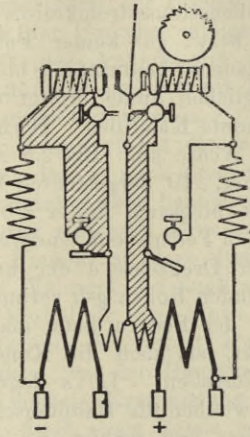


Fig. 239 a.

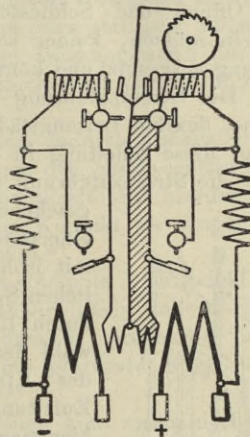


Fig. 239 b.

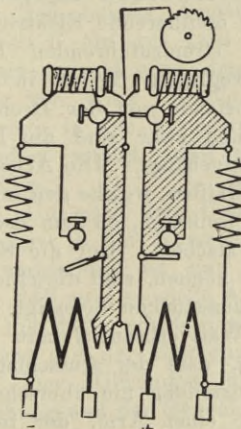


Fig. 239 c.

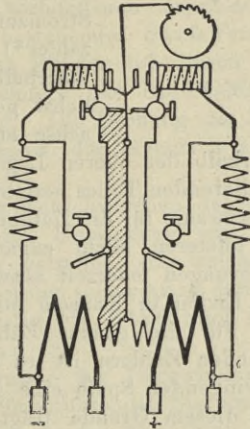


Fig. 239 d.

standes vom Zweigstromkreise bildet, welcher Umstand auch bei der Nebenschlusspule zutrifft, und da ferner die Stromstärke in diesem Kreise äusserst gering gehalten werden kann,

so sind die Kontaktstellen, welche einestheils das Kurzschliessen und Ummagnetisieren der beweglichen Spulen, andererseits das jeweilige Kurzschliessen einer Relaiswicklung, jedoch niemals ein Öffnen und Schliessen des Nebenschlussstromkreises vermitteln müssen, keiner schädlichen bzw. gar keiner Funkenbildung ausgesetzt und können daher dauernd kontaktfähig bleiben.

Die Stromzuführung zur beweglichen Spule erfolgt durch dünne, flexible Leitungsfäden, sogenannte Kandillen. Hummel bringt diese Zuleitung in der hohlen Achse an. Bis zur Achse kann die Stromzuführung in der in Fig. 240 dargestellten Weise

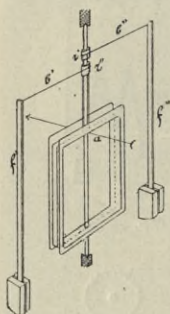


Fig. 240.

geschehen. Leichte biegsame Leiter a-b sind einerseits mit flachen Federn c-d, andererseits mit isoliert auf der Drehachse e der beweglichen Spule f sitzenden Rollen g-h verbunden; durch Regulierung der Federn kann man sowohl den Nullpunkt, als auch die Konstante des Apparates einstellen. Lotz legt die Zuleitungsdrähte zwischen die Hauptanschlussklemmen des Zählers und schützt sie durch eine besondere Hülse. Bei einer von den Luxschen Industriewerken angegebenen Stromzuführung für oscillierende Elektrizitätszähler\*) sind die stromzuführenden Leiter innerhalb des beweglichen Theiles in möglichst geringem Abstände von der Drehungsachse angeordnet, und zwar sind die Fäden

unterhalb des oberen Lagerzapfens aufgehängt. Die Achse des oscillierenden Theiles besteht aus zwei Hälften, welche den inneren Achsenraum für die Zuführungsdrähte freilassen, zu dem Zwecke, die letzteren leicht zugänglich zu machen. Um die Stromzuführungen jederzeit auswechseln zu können, sind dieselben an den Enden in Kapseln mit Stromschlussstücken befestigt.

Für die genaue Zählung des Wattverbrauchs mit oscillierenden Zählern ist es erforderlich, dass der Ausschlag der schwingenden Spule eine gewisse Endstellung nie überschreitet. Aus diesem Grunde trägt die Achse einen Arm, der in den äussersten Lagen gegen feste Anschläge trifft, welche verstellbar sind und eine genaue Aichung des Apparates ermöglichen.

\*) D. R. P. No. 124652.



Infolge von Verlusten an lebendiger Kraft bei der Bewegungsumkehr des schwingenden Systems können jedoch Fehler in der Proportionalität auftreten. Es kann ferner durch die Schwierigkeit der Erzielung eines sicheren Kontaktes im Augenblicke der Umkehr, infolge der alsdann allzu geringen lebendigen Kraft des Ankers, die regelmässige Wirkungsweise der Umschaltorgane und hiermit die Betriebssicherheit derartiger Zähler beeinträchtigt werden.

Hummel hat diesen Übelständen dadurch abzuhelpen versucht, dass er noch einen zweiten gegen den ersten entsprechend versetzten Anker behufs grösserer Richtkraft und hierdurch bedingten stärkeren Druckes gegen den Kontakt im Augenblicke der Umkehr an dem System anbrachte.\*)

Während die Zugkraft der Armaturspule A (Fig. 241) sich im Verhältnis des Sinus des Ausschlagwinkels ändert, ist der Hilfsmotor M<sub>1</sub> derart konstruiert, dass er annähernd in dem Punkte, wo der Hauptmotor M seine geringste Kraft besitzt, die höchste Krafterleistung entfaltet.

Statt eines Relais kann man auch eine mechanische Umschaltung verwenden. In den Fig. 241 ist eine solche gezeichnet. Dieselbe erfolgt in der Weise, dass mittelst eines mit den beiden Armaturen fest verbundenen doppelarmigen Hebels h ein aus zwei Lamellen bestehender Stromwender C derart gedreht wird, dass die beiden Bürsten b-b durch Übergang von einer Lamelle auf die andere das Umschalten des Stromes in den Armaturen bewirken. Die Drehung des Stromwenders erfolgt dabei durch Anstossen des Hebels h an den Stift p.

Um nach dem Umschalten ein Zurückweichen des Stromwenders in die Kurzschlusslage durch Einwirkung von aussen zu verhindern, ist eine Einrichtung getroffen, von welcher die Fig. 242 zwei spezielle Ausführungsformen schematisch darstellen. In Fig. 242a wirkt eine Zugfeder z, in Fig. 242b zwei Druckfedern d d der Bewegung entgegen.

Der Hilfsmotor führt also, ausser der Überwindung der Reibung und der Gegenkraft der stromzuführenden Spiralen, noch die Umschaltung des Stromes in den beiden Armaturen herbei.

Wie bereits erwähnt, sollen die Zähler, damit die Schwingungszahl und somit die Angabe des Instrumentes genau pro-

---

\*) D. R. P. No. 101788.

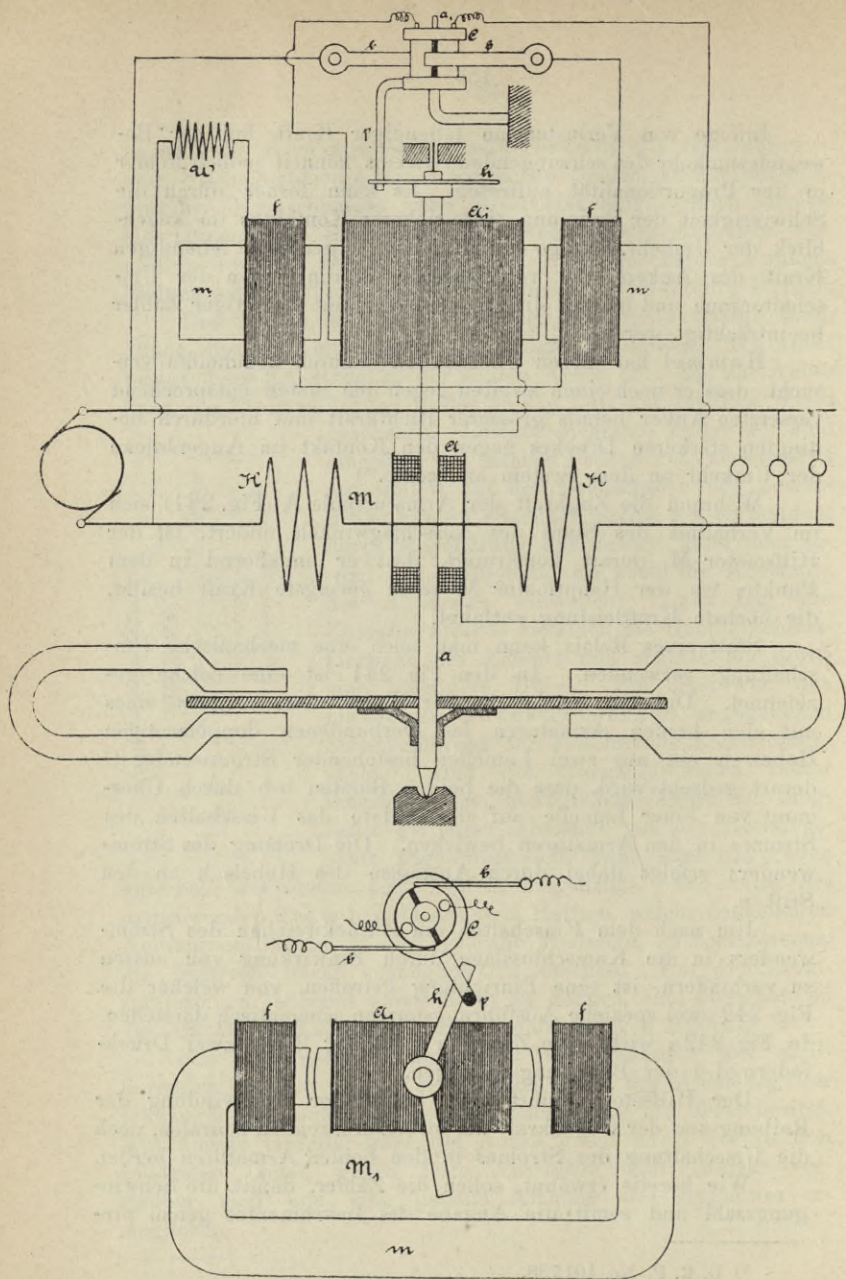


Fig. 241.



portional dem Wattverbrauch wird, mit annähernd gleichem Ausschlagswinkel bei den verschiedenen Belastungen arbeiten, eine Forderung, welcher ohne besondere Vorrichtungen im allgemeinen nicht genügt wird, weil bei rascheren Oscillationen das schwingende System nicht mit der Geschwindigkeit „Null“ in der normalen Endlage ankommt, sondern infolge der in ihm aufgespeicherten lebendigen Kraft noch das Bestreben hat, über diese Endlage hinauszuschwingen. Die Begrenzung der Bewegung durch den Umschalthebel selbst herbeizuführen, ist aus konstruktiven Gründen nicht empfehlenswert, weshalb die Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft noch einen zweiten Hebel *t* anordnet (Fig. 243), dessen Hauptaufgabe ist, den Ausschlagswinkel des oscillierenden Teiles genau zu begrenzen, so dass unabhängig von den Kontaktfedern stets angenähert gleichbleibende Amplitude gewährleistet ist.\*)

Da nun aber das schwingende System, insbesondere bei höherem Stromverbrauch, die Endlage mit einer gewissen Geschwindigkeit erreicht, würde durch den Anschlag die in dem System aufgespeicherte lebendige Kraft einfach vernichtet werden, und die Rückschwingung mit der Geschwindigkeit Null beginnen. Die vorher also vorhandene, vom Stromverbrauch herrührende Energie würde sich daher der Messung entziehen, und die Angaben des Instrumentes fehlerhaft werden. — Um dies zu umgehen, wird dem Hebel *t* grosse Elasticität erteilt, so dass die Energie des schwingenden Systems nicht durch Stosswirkung verloren geht, sondern sich in dem elastischen Anschlag ansammelt und für die Rückschwingung nutzbar gemacht wird.

An Stelle des Hilfsmotors kann auch in einfacher Weise ein Hilfsanker, aus einem weichen Eisenstab bestehend, treten, welcher senkrecht zur Wickelungsebene der bewegten Spule steht und der Einwirkung eines konstanten Magnetfeldes unterworfen ist.\*\*)

Fig. 242 a.

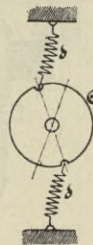
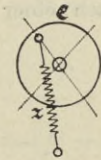


Fig. 242 b.

\*) D. R. P. No. 103 669.

\*\*\*) D. R. P. No. 108 601 der Allg. Elektr. - Ges. Berlin und E.-R. 1899/1900.

Die Herbeiführung eines genügend sicheren Kontaktes und Vermeidung der Verluste an lebendiger Kraft lassen sich auf andere Art erzielen, so durch Teilung der Bewegungsmassen des schwingenden Systems und ferner durch Zerlegung der freien Schwingungswege. Insbesondere umgeht man auf letztere Art die Schwierigkeiten der Erzielung eines sicheren Kontaktes in den Endlagen dadurch, dass man die schwingende Spule nur eine einseitige Bewegung ausführen lässt, d. h. die Spule bewegt sich frei unter dem Einflusse der elektrodynamischen Kraft der festen Stromspulen mit den Bremsmassen gekuppelt immer nur nach einer Seite, während die Rückkehr der Spannungsspule

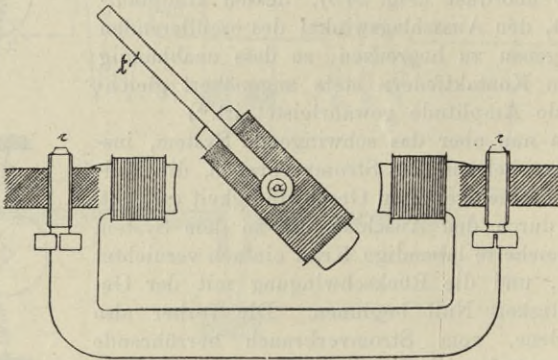


Fig. 243.

nicht ebenfalls in freier Schwingung, sondern mittels Rückstosses durch einen in der Endlage erregten Elektromagneten geschieht, welcher die Spule zwangsläufig in ihre Anfangslage zurückdreht.

Eine ähnliche Anordnung jedoch für eine andere Art von oscillierendem System ist die folgende: Der schwingende Körper oscilliert einseitig nach Art eines Pendels oder einer Unruhe unter dem nach Vollendung jeder Ausschwingung erfolgendem Impuls eines Elektromagneten im Kraftfelde der Stromspulen. Dieses System ist jedoch nur für Conlombzähler, infolge des quadratischen Schwingungsgesetzes, anwendbar, und ist daher auch mit keinerlei Bremsmassen verbunden.



Fig. 244 zeigt das Schema eines solchen Zählers von P. R. Blondlot.\*) Im Innern der Spule AA', deren Achse horizontal liegt, ist eine zweite Spule oder ein von mehreren Windungen gebildeter Ring B'B' ebenfalls mit horizontaler Achse angeordnet, der um eine Vertikalachse frei drehbar ist, indem er an einem Rahmen o hängt, welcher sich mit einem Spitzzapfen auf eine feste Pfanne oder Scheibe stützt. Die Windungen der Spule B'B' endigen in zwei in der vertikalen Achse liegenden Spitzen aus geeignetem Metall, welche in zwei mit Quecksilber gefüllte Näpfcchen gg tauchen und zur Zu- und Ableitung des Stromes dienen. Eine Schicht einer isolierenden Flüssigkeit, wie z. B. Glycerin, schützt die Quecksilberspiegel vor Berührung mit der Luft. Die Näpfcchen können mit Deckel versehen sein, welche als Halslager für die vertikale Achse der Spule ausgebildet sind, um seitliche Verschiebungen zu verhindern. Beide Spulen sind hintereinander geschaltet, werden also stets von demselben Strom durchflossen.

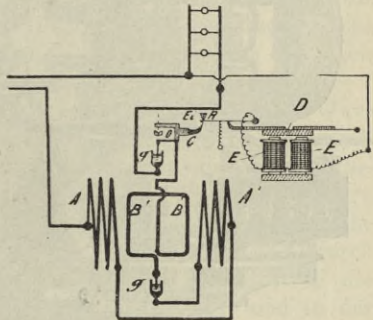


Fig. 244.

Unter dem Einfluss dieses Stromes sucht die bewegliche Spule, die vorher in beliebiger Lage zu denken ist, eine Gleichgewichtslage auf, bei welcher ihre Windungen denen der festen Spule parallel laufen. Sie würde aber dabei, wenn sie sich selbst überlassen wäre, Schwingungen um diese Gleichgewichtslage ausführen, für die nach elektrodynamischen Gesetzen das Produkt aus Schwingungsdauer und Intensität des Stromes konstant ist, so dass also die Anzahl der während einer beliebigen Zeit vollführten Schwingungen ein Mass für die Elektrizitätsmenge darstellt, welche in dieser Zeit durch die Spulen geflossen ist.

Bei der Anordnung von Blondlot schwingt im Interesse der grösseren Genauigkeit der Messungen und wegen konstruk-

\*) D. R. P. No. 109026.

tiver Vorteile die Spule nur auf der einen Seite der Gleichgewichtslage, aber bis in diese, um bei Erreichung derselben durch einen mechanischen Impuls von stets gleichbleibender Stärke entgegen der elektromotorischen Kraft von gleichbleibender Richtung zurückgetrieben zu werden. Dies wird dadurch erreicht, dass, sobald die bewegliche Spule die Gleichgewichtslage erreicht hat, diese mit dem Ende eines Armes C auf

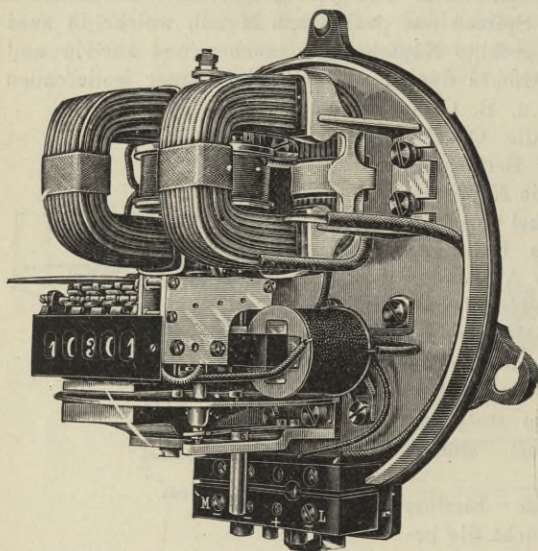


Fig. 245.

eine Feder R trifft, welche durch die Federkraft des Ankers D eines Hilfs-elektromagneten EE gegen einen Anschlag Ei gedrückt wird, so lange der Elektromagnet stromlos ist. — Beim Auftreffen von C auf R aber schliesst sich der Stromkreis des Elektromag-

neten, der Anker lässt die Feder R los und die Spule B'B' erhält von letzterer einen Impuls, vermöge dessen sie wieder zurückschwingt. — Weder die Amplitude der Schwingungen, noch die Stärke des Impulses erweist sich als von merklichem Einfluss auf die Schwingungsdauer der Spule. Um eine Beeinflussung der Schwingungen der Spule von dem Widerstande des Zählwerkes auszuschliessen, wird mit dem Anker des Elektromagneten eine Schaltvorrichtung verbunden, welche für jede Schwingung der Spule das erste Rad des Zählwerkes um einen Zahn weiter bewegt.

Da der Apparat nicht von selbst in Thätigkeit treten würde, wenn bei ausgeschaltetem Strom die bewegliche Spule



kurz vor der Gleichgewichtslage zur Ruhe käme, ist eine Einrichtung getroffen, welche mit Sicherheit auf Hinführung des beweglichen Teiles in die Gleichgewichtslage wirkt, worauf die Feder R in Thätigkeit treten und die Spule zurückstossen würde. Diese Einrichtung kann in einfacher Weise so konstruiert werden, dass ein mit dem beweglichen System verbundener kleiner Cylinder von weichem Eisen stets von einem fest angebrachten Stahlmagneten so angezogen wird, dass die Gleichgewichtslage erreicht ist und die Feder R in Thätigkeit treten kann.

Es erfolgt also die Zurückführung der Spule in die Anfangslage nicht zwangsweise durch einen Elektromagneten, sondern sie muss zur Erzielung der Proportionalität der Theorie des Pendels gemäss in wesentlich freier Rückschwingung sich vollziehen, während nur der Impuls zur Wiederholung des Spiels durch den elektromagnetischen Antrieb erfolgt.

Bei einem anderen System, welches Holden und Garfield\*) und G. Little\*\*) verwendet haben, wird in regelmässigen, vom Stromverbrauch unabhängigen, durch ein Uhrwerk bestimmten Zeitperioden eine Spule für kurze Zeit erregt, welche mittelst einseitiger Kuppelung den ihrem Stromverbrauche entsprechenden Impuls den Bremsmassen mitteilt, und durch diese auf das Zählwerk überträgt, während sie selbst in die Anfangslage, ohne messend zu arbeiten, zurückkehrt und in der Ruhelage während des Restes der Zeitperiode bleibt.

Einige der vorstehend erwähnten Anordnungen finden sich auch an dem neuen Reversier-Zähler (Fig. 245) der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft.\*\*\*)

Auf der Rückplatte von Zink-Aluminium resp. Messing sind in üblicher Weise zwei Hauptstromspulen H H (Fig. 246) befestigt; zwischen ihnen befindet sich die feste Spannungsspule n, die den auf der Achse beweglichen sogenannten Reversier-Anker dauernd in demselben Sinne polarisiert.

Der Reversier-Anker besteht aus einem dünnwandigen Eisenrohr, welches oben und unten je einen Eisenflügel Z Z trägt. Die Flügel sind diametral gerichtet. Am oberen befindet sich ein Sperrhaken S, welcher Achse und Bremsscheibe mittels

---

\*) s. E. R 1899/1900, Heft 5. D. R. P. No. 105 846.

\*\*) D. R. P. No. 122 578.

\*\*\*) D. R. P. No. 115 667 u. 129 686.

eines auf der Achse befindlichen Messing-Vierkantes mit 4 um je  $90^0$  versetzten Stahlstiften X bei Drehung des Reversier-Ankers — von oben gesehen im Uhrzeigersinn — mit diesem kuppelt und so die Bewegung auf die bremsenden Organe überträgt. Die Spannungsspule trägt gleichzeitig das obere Lager für die Systemachse. Das untere Lager wird von einem

Bock aus Rotguss aufgenommen, der auch den Bremsmagneten zu halten hat.

Tritt nun Strom in die Hauptstromspulen und ist die Spannungsspule eingeschaltet, so wird der polarisierte Reversier-Anker, der ja eine Magnetnadel darstellt, deren Magnetismus jedoch der Spannung proportional ist, eine bestimmte Lage

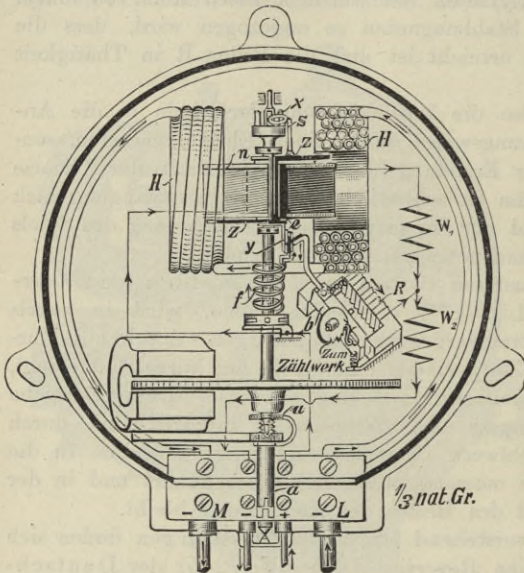


Fig. 246.

einzunehmen streben und zwar eine solche, dass die Längsachse der Eisenflügel der magnetischen Achse der Hauptstromspulen parallel ist. Theoretisch beträgt dabei der Winkel zwischen Anfangs- und Endstellung  $180^0$ . Es wird nun von diesen  $180^0$  nur  $90^0$  benutzt, indem der Reversier-Anker nach Absolvierung dieses Weges durch eine Hilfskraft zwangsläufig ausserordentlich rasch wieder in seine Anfangsstellung befördert wird, von der aus er seinen Weg wieder aufs neue antreten muss.

Zu diesem Zwecke ist am unteren Eisenflügel ein mit Platiniridium bewehrter Kontaktarm y isoliert aufgesetzt, dem durch eine cylindrische Spirale der  $+$ -Pol zugeführt ist; der  $-$ -Pol ist durch Widerstand und eine Elektromagnetwicklung



hindurch zu einem anderen Kontaktarm geführt, der am Anker des erwähnten Elektromagneten so befestigt ist, dass bei Berührung der Kontakte, also Stromschluss und Erregung des Elektromagneten, der Reversier-Anker mittels des am Elektromagnetanker befestigten Kontaktarmes momentan in seine Anfangsstellung zurückgeschnellt wird. Dies geschieht so schnell, dass die rotierende Kupferscheibe keine sichtbare Geschwindigkeitseinbusse erleidet.

Gleichzeitig wird durch einen, auf der Elektromagnet-Ankerachse angebrachten Stosskegel, das letzte Zählwerksrad um einen Zahn fortbewegt. Infolge der Zählwerks-Übersetzung sind dann vorn an den springenden Ziffern direkt Kilowattstunden ablesbar.

Da die Spannungsspule fest ist, fällt jede Stromzuführung zum messenden Organe fort. Sodann erfolgt der Zählwerksantrieb wie geschildert, durch eine Hilfskraft, die die Messung nie beeinträchtigen kann. An der einzigen Kontaktstelle tritt infolge geeigneter Vorkehrungen kein Funke, in folgedessen auch kein Verschleiss auf.

Eine Besonderheit stellt auch die Anlaufs-Unterstützung dar. Infolge seiner periodischen hin- und herschwingenden Bewegung ist es möglich, dem Kontakt des Reversier-Ankers die Spannung durch eine cylindrische Spirale zuzuführen, welche mit Vorteil gleichzeitig zur Einstellung des Anlaufs benutzt wird. Das untere Ende der Spirale ist nämlich an einem drehbaren, natürlich isolierten Ring befestigt, der von der linken Seite mit einem Stift leicht in dem einen oder anderen Sinne verdreht werden kann. Dadurch wird die mechanische Spannung entweder vergrössert oder verkleinert, d. h. die Spirale an sich wird dem Reversier-Anker und, da dieser mit Kupferscheibe und Achse gekuppelt ist, auch diese im Sinne ihrer Spannung zu bewegen suchen. Es wird also auf den Reversier-Anker jeweilig eine andere Drehkraft einwirken müssen, damit die Kontaktberührung herbeigeführt wird, d. h. der Anlaufstrom hängt ab von der mechanischen Spannung der genannten Feder und ist somit beliebig einstellbar.

Die Achse besteht aus Stahl. Der obere Achszapfen endigt in einer Kugel, die glashart und hochglanzpoliert ist. Sie läuft in einer cylindrischen Bohrung der oberen Lager-schraube; der Cylinder der Bohrung erweitert sich nach oben, so dass die Kugel des Zapfens bei arretiertem System — wobei

das System angehoben ist — nicht an der Wandung anliegt und bei Stößen keinen Schaden nehmen kann. Der untere Achszapfen, ebenfalls glashart und hochglanzpoliert, endigt in einer parabolischen Spitze und läuft auf einem Saphier.

Die Arretierung wird durch eine Schlitzschraube von unten, nach Abnehmen der Klemmenkappe bethätigt; eine mit einem entsprechenden Ausschnitt versehene Messingfeder hebt die Systemachse mit allem was daran befestigt ist in die Höhe. Hierdurch wird der untere Zapfen aus dem Lagerstein herausgehoben. Die Kugel des oberen Zapfens gelangt in den weiteren Teil der sie führenden Bohrung und das obere konische Ende der Achse wird in eine konische Senkung der oberen Lagerschraube gepresst, sodass eine sichere Feststellung des Systems erreicht und der denkbar beste Schutz gegen Zerstörung beim Transport gewährleistet ist.

Der Lagerstein ist behufs Revision sehr leicht zugänglich. Er kann ohne weiteres von unten herausgenommen werden, wenn das ihn haltende Messingplättchen beiseite gerückt ist. Auch die obere Lagerschraube kann leicht entfernt und gereinigt werden.

Die Eisenscheibe unter der linken Stromspule hat den Bremsmagneten bei evtl. Kurzschlüssen in der Installation vor der Schwächung durch den dann extrem hohen Hauptstrommagnetismus zu schützen und ist gleichzeitig zur Anbringung der Vorschaltwiderstände benutzt.

Bei einem von Weston\*) angegebenen Instrument ist die Schwingungsweite der Oscillationen nicht begrenzt, wie dies bei den bisher beschriebenen Zählern der Fall ist, sondern die Schwingungsweite selbst ist dem zu messenden Energieverbrauch proportional und wird durch ein passend eingerichtetes Zählwerk registriert.

Erwähnt sei noch ein Zähler von J. Möhrle\*\*), welcher als Zwischenglied von Pendelzählern und oscillierenden Zählern gelten kann. Derselbe besteht aus einem vertikalen Pendel, an dessen unterem Ende drei Spannungsspulen konzentrisch mit der Hauptstromspule schwingen. Von den drei Spannungsspulen ist die mittlere dauernd unter Strom, die beiden anderen werden abwechselnd ein- und ausgeschaltet, um die Pendel in Gang zu

---

\*) U. S. P. No. 621005.

\*\*) D. R. P. No. 100359 und 104597. Ecl. él. Bd. 21. S. 164 ff.



setzen und im Gang zu erhalten (Fig. 247). Die Umschaltvorrichtung besteht aus zwei voneinander getrennten Stromschlüssspitzen und einem gewölbten von diesen Spitzen isolierten Stück, auf welchem eine Metallkugel rollt. Je nachdem nun die Kugel auf der rechten oder linken Spitze aufliegt, geht der Strom durch die betreffende seitliche Spule, nachdem er einen

Vorschaltwiderstand und die mittlere Spule passiert hat.

Die Wirkung der Anordnung ist nun die folgende: Der zu messende Strom geht durch die feste Spule  $S_H$  und beeinflusst die Schwingungen des Pendels. Der Nebenschlussstrom geht zur Anregung der Pendelschwingungen abwechselnd durch die Spulen  $S_1$  und  $S_3$ , und es steigert sich die

Geschwindigkeit der Schwingungen, mithin auch die

Schnelligkeit der Weiterschaltung des Übertragungsrades mit der Steigerung der durch die Spule  $S_H$  fließenden Strommenge. Die mittlere fortwährend von dem Nebenschlussstrom durchflossene Spule, die ständig in der Spule  $S_H$  eingeschlossen bleibt, wirkt hemmend auf die Schwingungen des Pendels ein, um die Pendelausschläge nicht zu weit anwachsen zu lassen. Sie verlegt nämlich die Pole, welche sonst an den Enden von  $S_1$  und  $S_3$  entstehen würden, so dass sie an den aneinander strossenden Enden von  $S_1$  und  $S_2$  bzw.  $S_3$  und  $S_2$  zu liegen kommen. Sie wirkt ausserdem, da sie ständig eingeschaltet ist, auch ständig auf die Geschwindigkeit

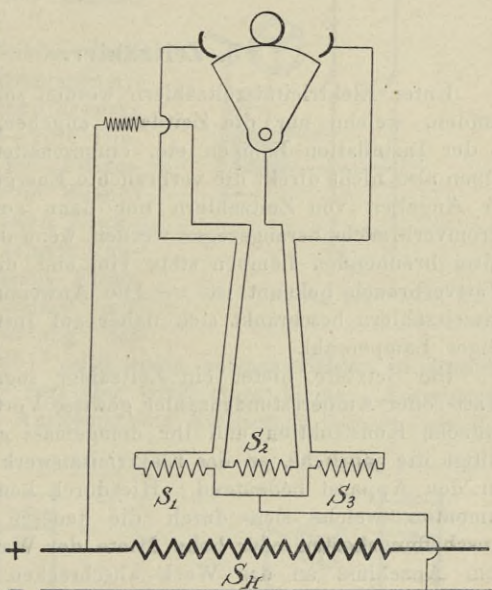


Fig. 247.

keit des schwingenden Pendels nach Massgabe des in  $S_H$  fliessenden Stromes ein. Der Zähler läuft offenbar, da die Kugel in der Mittelstellung sich im labilen Gleichgewicht befindet, von selbst an, sowie die Spule  $S_H$  durch Einschalten des Stromes erregt wird.

Die oscillierenden Zähler haben fast ausschliesslich in Deutschland eine grössere Verwendung gefunden.

## 5. Zeitzähler.

Unter Elektrizitätszeitählern werden solche Apparate verstanden, welche nur die Zeitdauer angeben, während welcher in der Installation Lampen etc. eingeschaltet waren. Da dieselben also nicht direkt die verbrauchte Energie angeben, können die Angaben von Zeitzählern nur dann zur Berechnung des Stromverbrauchs herangezogen werden, wenn die Zahl der gleichzeitig brennenden Lampen stets ein und dieselbe und deren Wattverbrauch bekannt ist. — Die Anwendung von Elektrizitätszeitählern beschränkt sich daher auf Installationen mit geringer Lampenzahl.

Für letztere bietet ein Zeitzähler sogar gegenüber dem Watt- oder Ampèrestundenzähler gewisse Vorteile. Ihre äusserst einfache Konstruktion und ihr demgemäss geringer Preis verbilligt die jährliche, an das Elektrizitätswerk zu zahlende Miete für den Apparat bedeutend. Hierdurch können kleinere Konsumenten, welche sich durch die teuren und kostspieligen Anschaffungskosten oder hohe Miete der Wattstundenzähler vor dem Anschluss an das Werk abschrecken liessen, gewonnen werden.

Das oft hervortretende Misstrauen des Publikums gegen die verschiedenen Arten von Elektrizitätszählern, betreffs der Kontrolle der verbrauchten Strommenge und zu hoher Berechnung derselben, kommt bei Zeitzählern weniger in Betracht, indem der Stromabnehmer sofort die Zeit des Stromverbrauchs einer vorher festgesetzten Stromstärke ablesen kann. Eine unberechtigte Belastung und Stromentnahme, mehr als vereinbart, kann von den Zentralen durch Vorschaltung einer Sicherung verhindert werden.

Konstruktionsprinzipien für Elektrizitätszeitähler können zwei unterschieden werden. Man kann ein gewöhnliches Uhrwerk von grösserer Gangdauer verwenden, welches elektrisch



durch einen Magneten oder mechanisch ausgelöst wird. Solche Zähler wurden von Aubert angegeben und werden von dem Elektrotechnischen Institut in Frankfurt a. M. fabri- ziert. Dieselben besitzen elek- tromagnetische Auslösung und enthalten ein ca. 500 Stunden gehendes Uhrwerk.

Eine schematische Dar- stellung einer elektromagneti- schen Auslösung des Uhrwerks zeigen die Fig. 248—250. Die- selbe wird von den Firmen Jordan & Treier in Wien\*) und der Allgemeinen Elek- tricitäts-Gesellschaft an- gewendet. Die letztere Firma baut ferner Zeitzähler mit mechanischer Auslösung des Uhrwerkes. Fig. 251 zeigt einen solchen Zähler in Ansicht, Aus dem Gehäuse ragt der Griff eines kleinen Ausschalters hervor, welcher die Auslösung und Arretierung besorgt, wie dies

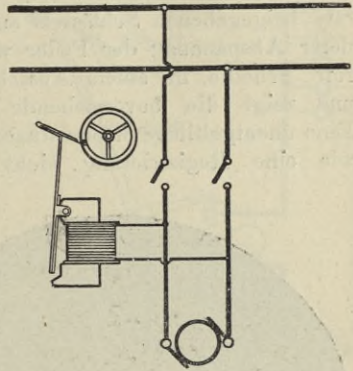


Fig. 248.

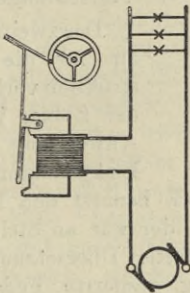


Fig. 249.

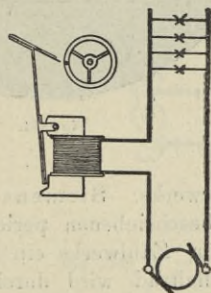


Fig. 250.

schematisch Fig. 252 und 253 zeigt. Das Uhrwerk ist alle 50 Brennstunden aufzuziehen und zwar durch den Konsumenten

\*) Z. f. E. 1899. S. 616.

selbst. Bei nahezu abgespannter Uhrfeder wird nämlich der Ausschalter selbstthätig ausgeschaltet und festgestellt. Der Konsument erhält also, sobald das Uhrwerk abgelaufen ist, nicht eher wieder Strom, als bis er die Uhr mittelst des dem Apparate beigegebenen Schlüssels aufgezogen hat. Kurz vor vollendeter Abspannung der Feder wird eine sonst verdeckte kleine, rote Scheibe in einem Ausschnitt der Deckelklappe sichtbar und zeigt die bevorstehende selbstthätige Ausschaltung an. Eine unentgeltliche Stromentnahme ist also ebenso ausgeschlossen, wie eine Registrierung nicht verbrauchten Stromes infolge etwaigen Leerlaufens des Zählers.

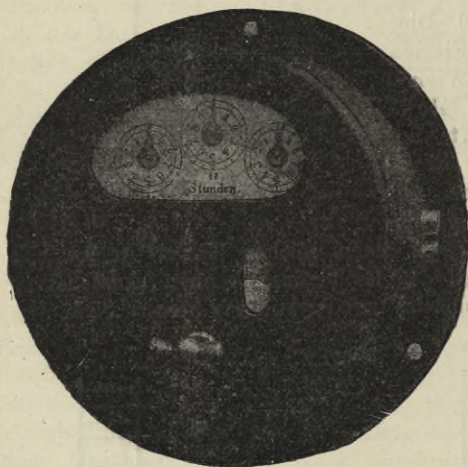


Fig. 251.

Statt des Aufzugs des Uhrwerks mit Schlüssel kann auch ein automatischer elektrischer Aufzug angewendet werden; Richard\*) und Caudery\*\*) rüsten ihre Elektrizitätszähler mit solchen Vorrichtungen aus.

Das zweite Prinzip für die Konstruktion vorliegender Zähler ist die Anwendung eines Elektromotors statt

des Uhrwerks. Siemens & Halske A.-G. benutzt den bereits S. 37 beschriebenen periodischen Motor, der nur an Stelle des variablen Zählwerks ein Zählwerk mit fester Übersetzung hat. Ein Schaltrad wird durch eine einseitig gesperrte Feder bei jedem Hube des Motors um einen Zahn weiter geschaltet. Beim Rückgange der Feder kann dieselbe ausweichen und geht frei an dem Schaltrade vorbei.

\*) EL. Paris. Ser. 2 Bd. 16, S. 267.

\*\*) Desgl. S. 395.



Der Elektrizitätszeitähler von Frager\*) ist ähnlich konstruiert. Es sind zum Antrieb keine Federn oder dergleichen verwendet, sondern die Bewegung des Uhrwerks wird durch einen in Nebenschluss geschalteten kleinen periodischen Motor bewirkt.

Bei dem in Fig. 254 veranschaulichten Zeitähler von Dr. F. Kuhlo\*\*) wird das Uhrwerk durch einen konstanten Elektromotor angetrieben, welcher mit einer Achse des Räderwerks gekuppelt ist, also in seiner Drehung durch das Uhrwerk gehemmt wird. Der Zähler, welcher parallel zu den Verbrauchsapparaten liegt (Fig. 255), ist so lange in Betrieb, als Energie konsumiert wird.

In Fig. 254 bedeutet a den Anker des Motors, der in diesem Falle auf der Achse des Echappementrades sitzt. Der Motor kann selbstverständlich auf irgend eine andere Achse des Räderwerkes wirken.

Die Zeitähler von Hartmann & Braun A. G. (Fig. 256) bestehen aus einem gut gearbeiteten Unruheuhrwerk, welches mittels Schlüssel von Hand aufgezogen werden muss. Die Gangdauer des Uhrwerks wird durch einen kleinen beweglichen Anker, welcher durch einen Elektromagnet gehoben werden kann, gehemmt. Wird entweder

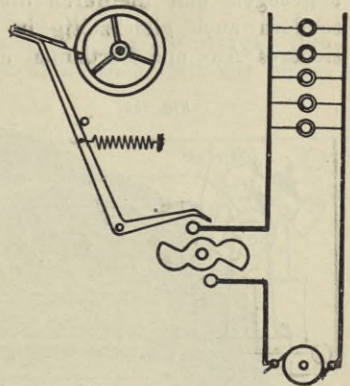


Fig. 252.

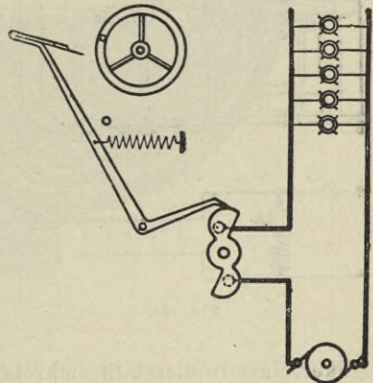


Fig. 253.

\*) Armagnat. H. Instruments et Methodes de Mesures électriques industrielles 2<sup>e</sup> éd. Paris 1902. p. 394.

\*\*) D. R. P. No. 125 767.

durch den Konsumstrom oder durch die die Gebrauchsspannung, je nachdem die Zähler mit Strom- oder Spannungswicklung versehen sind, der Elektromagnet erregt, so wird der Anker angezogen und hierdurch die Unruhe nicht nur freigegeben, sondern auch gleichzeitig in Bewegung gebracht, so dass ein sicheres An- und Fortlaufen des Uhrwerks erfolgt, so lange der

Fig. 254.

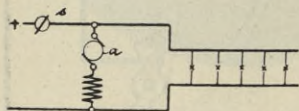
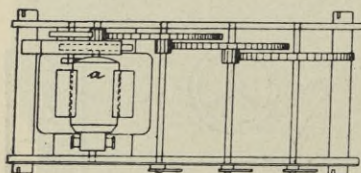
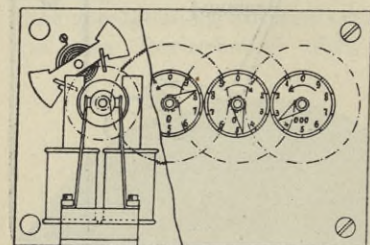


Fig. 255.

der Strom durch die Wicklung des Magneten fließt. Die Zeitdauer des Ganges wird auf einem Zählwerk summiert. Die Zähler mit Stromwicklung laufen bei etwa ein Zehntel ihres Maximalstromes sicher an, während diejenigen mit Spannungswicklung schon bei einer Spannung, die um 30% niedriger als diejenige, für welche der Zeitzähler gebaut ist, funktionieren.

Sollen Elektrizitätszeitzähler in grösseren Anlagen Verwendung finden, so teilt man nach Villy\*) den ganzen Verbrauchskreis in mehrere Teile und bringt am Zeitzähler ebensoviel Zifferblätter an, als es Unterabteilungen giebt. Wird in einer der Unterabteilungen Strom gebraucht, so wird der

Anker eines in diesen Stromkreis eingeschalteten Elektromagnetes angezogen und dadurch das dieser Abteilung entsprechende Zählerwerk eingerückt.

Fig. 257 zeigt einen solchen Zähler der Firma F. W. Raschke & Co. Reick-Dresden für drei Lampengruppen.

Statt elektromagnetischer Auslösung des Zählerwerkes kann auch das zu einer Lampengruppe gehörige Zählerwerk durch

\*) E. P. 15 944.



Drehen eines Hebels mechanisch mit einem Uhrwerk gekuppelt werden. In dieser Art sind die Zeitähler für mehrere Stromkreise der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft eingerichtet.

Sind die Unterabteilungen von gleichem Umfange, ihre Lampenzahl also die gleiche, so ist es möglich, mit nur einem

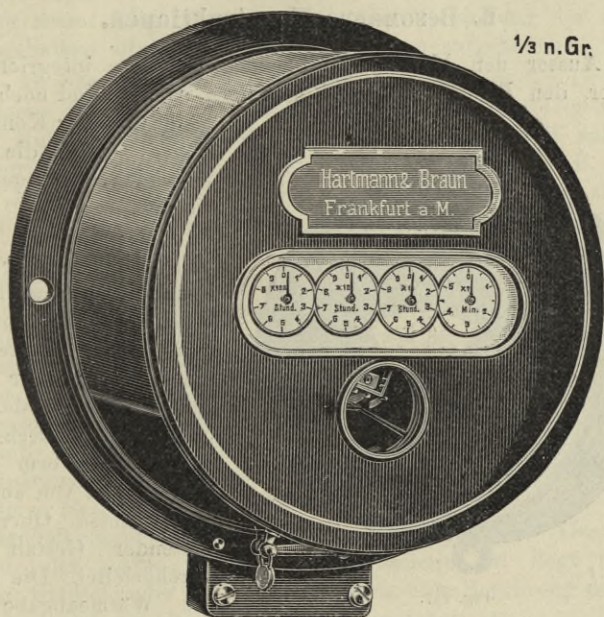


Fig. 256.

Zifferblatt auszukommen. Es läuft dann das Uhrwerk durch automatische Einrichtung mit doppelter, dreifacher u. s. w. Geschwindigkeit je nach der Anzahl der eingeschalteten Gruppen.\*)

Aber auch bei verschiedenem Umfange der einzelnen Stromkreise kann man mit einem Zifferblatte auskommen. Bei dem Electricitätszeitähler von Dr. O. May\*\*) wird jeder

\*) s. Aliamet Nouveau compteur électrique horaire multiple, système Cauderay. El. Paris Bd. 16 und Écl. él Bd. 18, S. 332.

\*\*) D. R. P. No. 102 495.

einzelne Stromzweigantrieb mit einem gemeinschaftlichen Trieborgan des Zählwerkes während der Stromverbrauchsdauer gekuppelt. Die Stromzweigantriebe besitzen entsprechend dem Umfange des betreffenden Zweiges eine Anzahl Zähne, durch welche das Hauptrad des Zählerwerkes bewegt wird.

## 6. Besondere Konstruktionen.

Ausser den bisher besprochenen Gruppen integrierender Zähler, den Pendel-, Motor-, Zeitzählern u. s. w. sind noch eine Reihe anderer Konstruktionen, wie die der folgenden, angegeben worden.

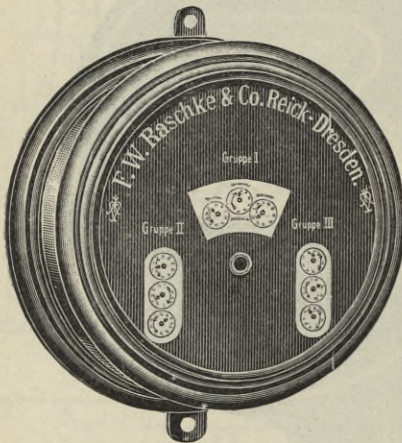


Fig. 257.

C. Raab hat einen Elektrizitätszähler zu konstruieren versucht, bei welchem die Wärmewirkung des Stromes in einem Drahte zur Messung benutzt wurde. Der Strom wurde durch einen Leiter in Form einer Spirale oder von anderer, eine grosse Oberfläche bietender Gestalt hindurchgeleitet. Die durch die Wärmeabgabe des Leiters an die ihn um-

gebende Luft in letzterer erzeugten Strömungen wurden zum Betrieb eines Anemometers benutzt, dessen Anzeigen ein Mass für die Stärke des jeweilig durch den Apparat gehenden Stromes geben sollten. — Praktische Bedeutung haben Zähler, welche auf der Wärmewirkung des Stromes beruhen, niemals erlangt, einmal wegen ihres zu hohen Eigenverbrauchs, weiter aber wegen ihrer von vielen äusseren Umständen abhängigen Inkonstanz der Angaben.

Eine Reihe von Zählern hat als Konstruktionsprinzip den Antrieb des Zählwerkes durch einen Motor von konstanter Geschwindigkeit unter Vermittelung eines Getriebes von veränder-



licher Schaltgeschwindigkeit, wobei die Elemente des Schaltgetriebes durch ein Ampèremeter eingestellt werden.

Bei dem Elektrizitätszähler von T. A. Edison\*) geschieht diese Einstellung unter Vermittelung eines Wagebalkens. Das Zählwerk ist direkt mit dem Wagebalken verbunden, um zu ermöglichen, dass sich derselbe ohne Reibung einstellt. Hierdurch wird, wenn die Schalteinrichtung des Zählwerkes periodisch ausser Eingriff ist, zugleich jede Verbindung der an dem Wagebalken sitzenden Teile mit anderen aufgehoben.

In Fig. 258 ist das Schema eines Zählers für Dreileiter-systeme dargestellt. Die Wirkungsweise ist die folgende: In der Ruhelage befindet sich die Friktionsscheibe M nahezu in Eingriff mit dem schmalen Ende des Kurvenstückes B. Wenn der Zähler in die Leitung eingeschaltet ist, so setzt sich der Motor A in Bewegung, bis seine Geschwindigkeit den gewünschten Grad erreicht hat, worauf dieselbe durch den Centrifugal-Regulator N konstant erhalten wird. Der schwache Strom, welcher durch den Motor hindurchgeht, erregt die Hilfsspule K in der Weise, dass die magnetische Trägheit des Eisenkernes überwunden wird. Wenn ein Strom die Ampèrespulen in einem oder in beiden Seitenzweigen erregt, so wird der Eisenkern angezogen und der Wagebalken so bewegt, dass die Friktionsscheibe M mit dem Kurvenstück B in Berührung kommt. Das Ampèremeter wird daher bei seiner Einstellung durch keine anderen Reibungswiderstände beeinflusst, als durch die von der Wagebalkenschneide, welche sehr gering sind. Das rechte Ende der Achse von der Friktionsscheibe M liegt frei auf einer Stellschraube auf, wodurch stets eine Berührung der Friktionsscheibe mit dem Kurvenstück gesichert ist.

Um einer Überlastung der Ampèrespulen durch einen etwa vorkommenden Kurzschluss ausserhalb des Zählers vorzubeugen, sind magnetische Ausschalter LL angeordnet, welche bei zu hohem Strome die Ampèrespulen kurzschliessen. Infolge der Entstehung von Foucaultschen Strömen in der Kupferröhre P beim Auftreten eines sehr starken Stromes in den Spulen des Ampèremeters, wirken dieselben dämpfend, sodass der Eisenkern nicht sofort durch die starken Ströme bewegt wird, die dann durch den Kurzschluss beseitigt werden.

---

\*) E. R. 1901/02. Heft 12.

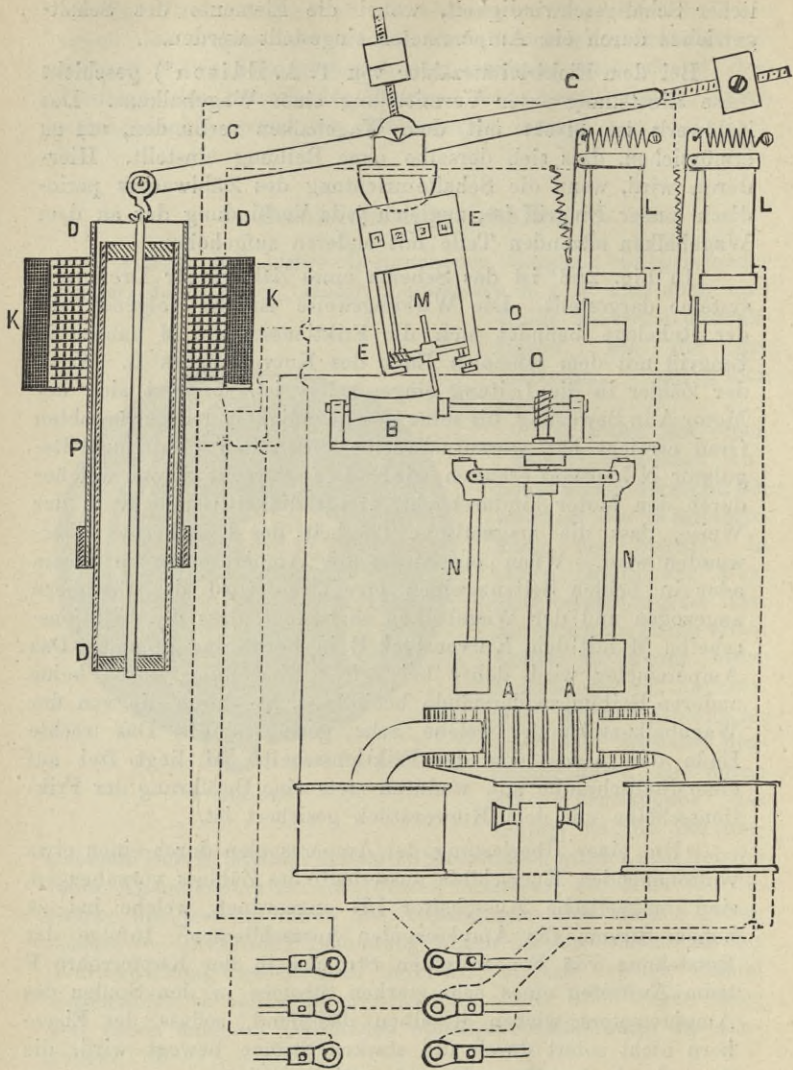


Fig. 258.



Die Praxis hat ergeben, dass bei einem Ampèremeter, welches eine oder mehrere Solenoidspulen enthält, der Eisenkern eine verhältnismässig kleinere Bewegung durch schwache als durch stärkere Ströme erfährt. Dieser Fehler wird durch Anwendung einer Hilfsspule *K* korrigiert, die aus sehr feinem Draht besteht, auf den anderen Spulen sitzt und mit dem Motor *A* in Reihe geschaltet wird.

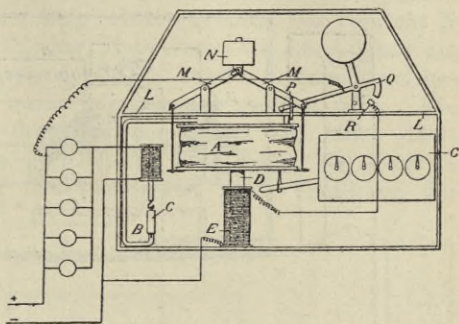


Fig. 259.

F. A. Brocq in Paris hat durch Aufzeichnung der Anzahl der Aufstiege eines Schwimmers die Elektrizitätsmengen zu messen versucht.\*) Der Auftrieb wurde durch Einwirkung

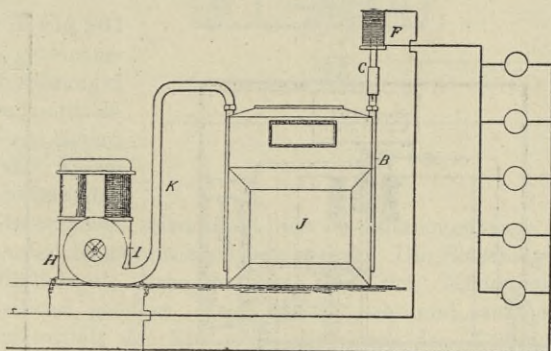


Fig. 260.

eines vom Strom durchflossenen Solenoids auf eine am Schwimmer befestigte magnetische Masse hervorgerufen und durch die gleichzeitig stattfindende Flüssigkeitsbewegung in geeigneter Weise

\*) E T. Z. 1894. S. 503.

geregelt. Das Herabsteigen geschah rasch während einer nicht zu berücksichtigenden Zeit mit Hilfe eines Ventils unter dem

Einfluss eines auf dieselbe magnetische Achse wirkenden Stromes, welcher durch den Schwimmer am Ende des Aufstieges in Thätigkeit gesetzt wurde.

F. J. Beaumont\*) und Harry Nunns\*\*) haben Zähler angegeben, die auf der Verwendung von Blasebälgen beruhen, deren Öffnungen so reguliert werden, dass die Luft mit einer der Intensität des Stromes proportionalen Geschwindigkeit entweicht.

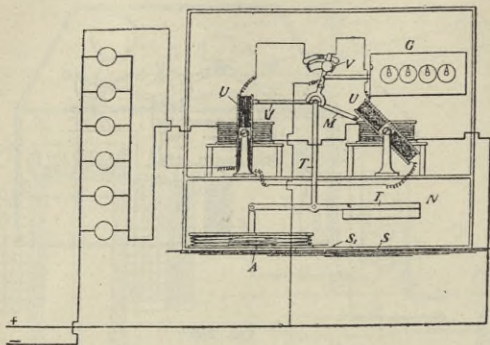


Fig. 261.

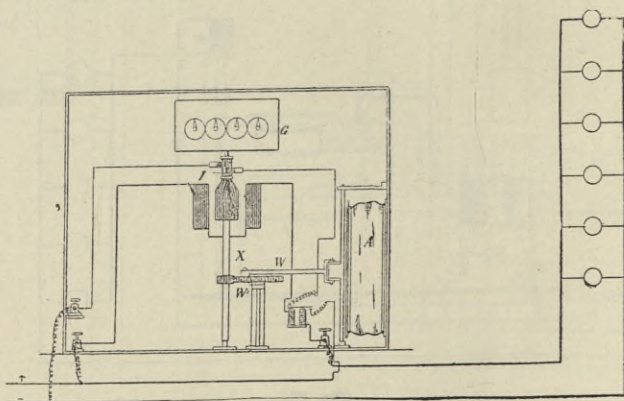


Fig. 262.

Bei der in Fig. 259 dargestellten Anordnung des Beaumontzählers ist A der Blasebalg, dessen Balgen mittels des Eisen-

\*) E. P. No. 21 941. Ecl. él. 1901. Bd. 27 u. Z. f. B. 1901.

\*\*) E. P. No. 25 260. Dasselbe.



kerns D von dem Solenoid E angezogen wird. Durch den Hebel Q wird nach Entleerung des Blasebalges der Stromkreis der Spule E bei R geschlossen, der Kern D in das Solenoid hineingezogen und so der Balg wieder gefüllt. Das Gewicht N drückt nun unter allmählicher Entleerung die Luft durch die Mündung C, deren Öffnung durch ein zweites Solenoid, welches als Ampèremeter wirkt, mehr oder weniger geöffnet wird. Die Anzahl der Füllungen des Blasebalges wird auf einen Zählmechanismus übertragen. — In Fig. 260 treibt ein Elektromotor I mit konstanter Geschwindigkeit einen Ventilator, der einen Luftstrom in

die Gasuhr J schickt. Da die

Ausströmungsöffnung durch das Solenoid F reguliert wird, ist die Luftmenge, die den Zähler passiert, der Stromstärke proportional.

Die in Fig. 261 bis 263 gezeichneten Anordnungen des Beaumontzählers gehören eigentlich in die Klasse der oscillierenden

bezw. Motorzähler, seien aber hier im Zusammenhange mit den vorerwähnten Konstruktionen besprochen. Die Blasebälge dienen hier lediglich als Bremsen und sind ihre Mündungen stets gleichbleibend geöffnet. In Fig. 261 hebt und senkt sich der Blasebalg mittels der Spulen U, die durch den Kommutatur V abwechselnd mit Strom beschickt werden. Im Inneren dieser beweglichen Spannungsspulen sind feste vom Nutzstrome durchflossene Spulen angeordnet.

In Fig. 262 wird der Blasebalg durch einen mit einer der Intensität proportionalen Geschwindigkeit mittels des Excenters W abwechselnd gefüllt und entleert. Endlich kann man auch zwei Blasebälge verwenden, die durch eine Röhre z (Fig. 263) verbunden sind; die Luftmenge bleibt konstant und

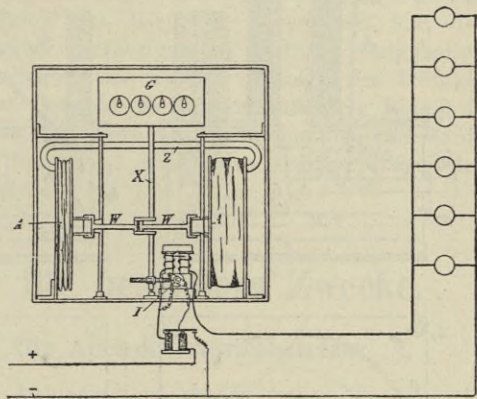


Fig. 263.

begiebt sich abwechselnd von dem einen Blasebalg in den andern.

Der Zähler von Harry Nunns enthält als Ampèremeter ein flaches Solenoid  $A_1$  (Fig. 264), in welchem ein Stab von weichem Eisen  $H_1$  schräg angebracht ist. Ein zweiter Stab,

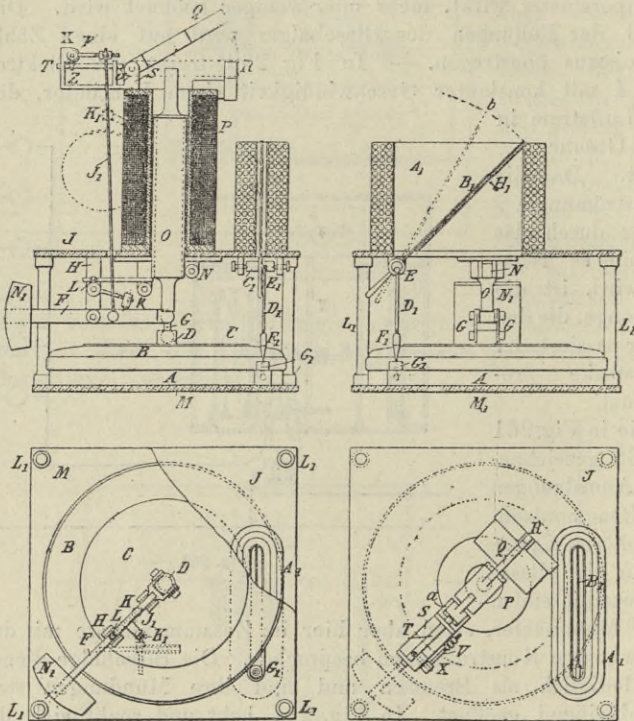


Fig. 264.

der um  $C_1$  drehbar ist, wird je nach der Stromintensität von  $H_1$  mehr oder weniger abgestossen. Eine in  $C_1$  exzentrisch befestigte Stange  $D_1$  trägt am unteren Ende einen Konus  $F_1$ , der die Öffnung  $G_1$  eines mit dem Blasebalg  $B$  verbundenen Rohres schliesst. Die in dem Blasebalg eingeschlossene Luft kann also proportional der Stromstärke entweichen. Sobald der Blasebalg geleert ist, senkt sich der mit  $G$  fest verbundene



Hebel F so stark, dass die Stange  $J_1$  den Hebel V dreht und dadurch den Riegel T freigibt, welcher den Kontaktarm Q des Stromschliessers R festhält. Hierdurch fällt dieser herab und schliesst den Stromkreis der Spule P. Nun hebt sich der unter Vermittelung eines Gelenkes G auf dem Balge C befestigte Kern O und setzt sich auf den Riegel N auf, der durch das Gegengewicht K vorgedrückt worden ist. Gleichzeitig wird der obere Teil des Kontaktarmes Q wieder gehoben und der Strom in P geöffnet. Sobald der Hebel F durch den Kern O nicht mehr niedergedrückt wird, fällt er unter dem Einfluss des Gewichtes  $N_1$  den Blasebalg. Die Stange  $J_1$  wird gleichzeitig gehoben, wodurch der Riegel T angestossen und der Kontaktarm Q in seiner aufgerichteten Stellung festgehalten wird bis zum Wiederbeginn des Spieles. Infolge des Druckes des Hebels F auf das Gewicht K ist nun auch der Riegel N zurückgegangen, sodass der Kern O wieder herabsinken kann. Jede Bewegung der Stange  $J_1$  drückt den Zähler mittels der Sperrklinke  $K_1$  vorwärts.

## D. Zähler für besondere Zwecke.

### 1. Zähler für Accumulatorenbetrieb.

Die Zähler für Akkumulatorenbetrieb haben den Zweck, Ladung und Entladung der Batterie aufzuzeichnen oder direkt den Ladezustand der Batterie erkennen zu lassen. Die Einrichtung solcher Apparate muss daher sowohl nach dem Zwecke, für den der Zähler bestimmt ist, als auch nach der Art des Betriebes verschieden sein.

In einfachster Weise hat zuerst Dr. H. Aron\*) ein Aräometer benutzt, um zu sehen, wieviel Ladung im Akkumulator noch vorhanden ist, indem er die bekannte Erscheinung zur Messung heranzog, dass sich das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bei der Ladung und Entladung so ändert, dass dieses grösser beim Laden und kleiner beim Entladen wird.

Dieses Prinzip hat M. Kugel zur Konstruktion eines Zählers verwendet\*\*); indem er einen Schwimmer durch geeig-

\*) s. E. T. Z. 1883, S. 104.

\*\*) D. R. P. No. 80 717.

nete Hebelübersetzung mit einem Zeiger verband, welcher den Ladezustand des Elementes angab.

Solche Konstruktionen sind jedoch ohne praktischen Wert, da man einerseits im Messraum Zellen möglichst vermeidet, andererseits aber das spezifische Gewicht der Flüssigkeit sich nur sehr träge ändert, weil die Veränderung hauptsächlich in der von den Platten aufgesaugten Flüssigkeit selbst erfolgt, und es lange dauert, bis diese ganz aus den Platten in die umgebende Flüssigkeit diffundiert. \*) Im allgemeinen hat man die elektromagnetische Wirkung des Stromes ausserhalb der Zelle in üblicher Weise benutzt, um Entladung und Ladung zu registrieren.

Hat nun der Zähler den Zweck, jede einzelne Ladung zu registrieren, und ebenso die entsprechende dann erfolgende Entladung, so eignet sich fast jeder Zähler dafür. Bei Apparaten, die vorwärts und rückwärts zählen, je nach Richtung des Stromes, bedarf es keinerlei besonderer Einrichtung. Sie gehen von selbst bei der Ladung z. B. vor, und bei der Entladung zurück. Der Zähler würde jedoch ohne weitere Vorrichtung nicht die noch vorhandene Elektrizitätsmenge anzeigen, sondern vielmehr nur die Differenz der empfangenen und entladenen Elektrizitätsmenge. Um den wirklichen Ladezustand der Batterie beurteilen zu können, muss der Wirkungsgrad der letzteren bekannt sein.

Jede Berechnung lässt sich aber umgehen, wenn durch geeignete Vorrichtungen die Empfindlichkeit des Zählers für die Ladung und Entladung geändert wird.

Die Danubia A.-G. schaltet zur Erreichung dieses Resultates vor den mit geeignetem Zifferblatt versehenen bekannten O'K-Zähler einen Widerstand nach dem Schema Fig. 265 derart, dass der Ladestrom nur den Widerstandsteil von K nach B, der Entladestrom dagegen den ganzen Widerstand von B nach A durchfließt. Durch den Schieber K lässt sich der Widerstand derart einstellen, dass das Verhältnis der Widerstände  $\frac{KB}{BA}$  dem Wirkungsgrad der Batterie in Ampèrestunden entspricht. Demnach zeigt der Zähler immer die noch zur Verfügung stehende, noch nicht entladene Elektrizitätsmenge an.

Für Thomsozähler, wie sie von der Union, E.-G., und der General Electric Co. gebaut werden, müsste der Strom

\*) Dr. H. Aron, E. T. Z. 1898, Heft 33.



in der Compoundspule für die Entladung umgekehrt werden, damit das Zusatzdrehmoment in derselben Richtung wie der eigentliche Drehsinn des Zählers wirkt. Die Zähler werden

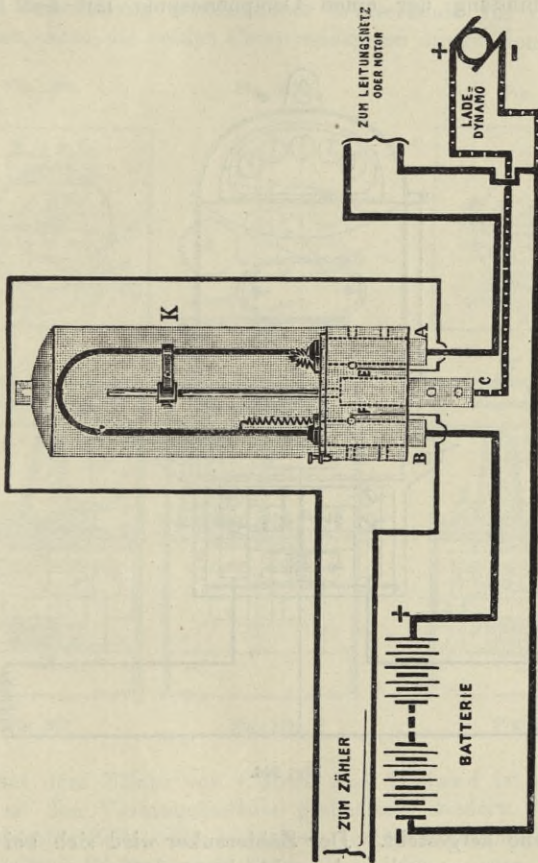


Fig. 265.

jedoch mit zwei Compoundspulen ausgerüstet und diese mit den beiden, unten rechts und links gelegenen Hauptstromanschlüssen (Fig. 266) befindlichen Kontaktvorrichtungen verbunden. Zu diesen Kontaktvorrichtungen gehört eine mit

konischem Gewinde versehene Kontaktschraube, welche oben einen isolierten Griff besitzt.

Bei Ladung der Accumulatorenatterie wird durch Hereindrehen der Kontaktschraube an der linken mit L bezeichneten Seite Verbindung der einen Compoundspule mit der Haupt-

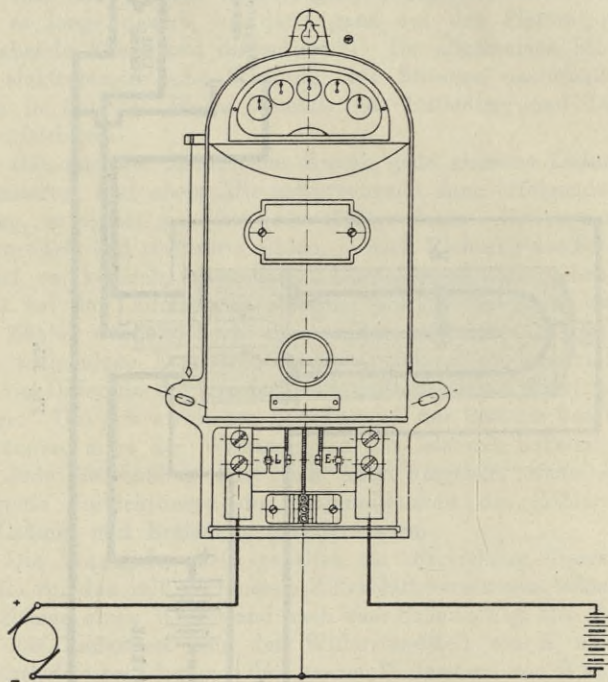


Fig. 266.

stromschiene hergestellt. Der Zähleranker wird sich bei dieser Schaltung ganz normal nach rechts herumdrehen.

Bei Entladung der Batterie wird die Kontaktschraube bei L herausgeschraubt und an der rechten Seite bei E hineingeschraubt. Hierdurch wird die Verbindung der ersten Compoundspule mit der linken Hauptstromschiene unterbrochen und die Verbindung der zweiten Compoundspule mit der rechten



Hauptstromschiene hergestellt und der Zähleranker dreht sich in der umgekehrten Richtung.

Die Empfindlichkeit für Ladung und Entladung, entsprechend dem Wirkungsgrade, kann hier in einfacher Weise durch Vorschaltung verschiedener Widerstände vor den Anker erfolgen, wozu die beiden Compoundspulen direkt dienen können.

Fig. 269.

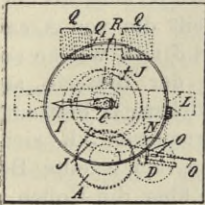


Fig. 270.

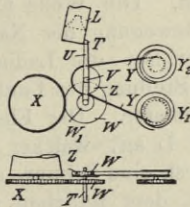


Fig. 272.

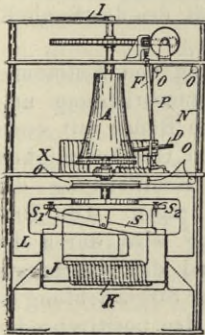
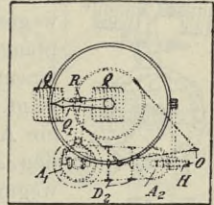


Fig. 267.

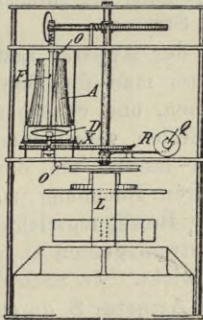


Fig. 268.

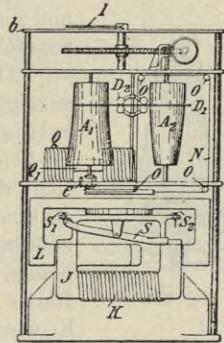


Fig. 271.

Bei dem Zähler von Cooke und Ireland ist der Anker nicht an den Verbrauchsstrom geschaltet, sondern wird durch eine einzelne Zelle oder besondere elektromotorische Kraft stets in derselben Richtung mit Strom beschickt.

Bei dem Zähler von P. W. Northey und The Electric Motive Power Co.\*\*\*) wird ausser dem Ladezustand der

\*) E. P. 6633 (1898).

\*\*) E. P. 22027 (1899) u. Armagnat, Compteurs Écl. él. 1901 und Z. f. B. 1901.

Batterie auch eine Funktion der Intensität und der Zeit, die experimentell nach der Entladungskurve der betreffenden Batterie bestimmt ist, angezeigt. Der Zählmechanismus (Fig. 267—270) besteht aus einer Trommel, welche von einem Uhrwerke mit konstanter Geschwindigkeit gedreht wird, und deren konische Form nach der Entladungskurve berechnet ist. Auf dieser Trommel, und zwar durch eine Feder angedrückt, läuft ein Rädchen D, welches gleitend auf der Welle F befestigt ist, und sich daher an A aufwärts bewegen kann. Die Welle F teilt die von A empfangene Bewegung der Nadel J mit, welche auf einem Zifferblatt die Ladung der Batterie anzeigt. Die Stellung des Laufrädchens D bestimmt ein Ampèremeter. Der Elektromagnet JK zieht den Anker L an, welcher die ihm erteilte Bewegung durch eine Schnur, die über die Rollen C hinwegläuft, dem Rädchen mitteilt, und es hebt und senkt, je nach der Intensität des der Spule K zugeführten Stromes.

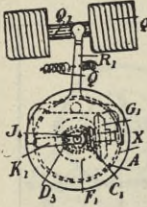


Fig. 273.

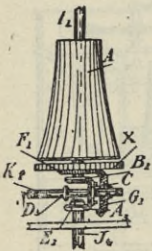


Fig. 274.

Damit der Apparat Ladung und Entladung anzeigt, muss man die Bewegungsrichtung umkehren können, und ebenso die Räder mit einer in beiden Fällen verschiedenen Geschwindigkeit sich drehen lassen, um der Kraftleistung der Akkumulatoren Rechnung zu tragen. Die Umkehrung der Bewegungsrichtung wird durch die beiden Elektromagneten Q und das polarisierte Relais R bewirkt. Je nach der Stromrichtung in K wird die Armatur S durch den positiven oder

negativen Pol von J angezogen, so dass durch die Kontakte  $S_1 S_2$  der Strom in die eine oder die andere der Spulen Q geschickt wird und der Kern  $Q_1$  den Hebel  $R_1$  in Bewegung setzt, der die Umdrehungsrichtung des Kegels A umkehrt. Diese Richtungsänderung kann mit Hilfe des Differentialgetriebes auf Fig. 274 ausgeführt werden, welches gleichzeitig die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung zu variieren vermag.

Statt des eben besprochenen Systems von Conus und Laufrädchen kann man auch zwei Kegel von entgegengesetzter Richtung (Fig. 271 u. 272) anwenden, die durch eine Schnur ohne Ende  $D_1$  verbunden sind. Diese wird den Kegeln entlang durch die Rollen  $D_2$  aufwärts und abwärts weitergeführt, und



über die Rollen O wie oben vom Ampèremeter aus in Bewegung gesetzt. Das Ampèremeter kann endlich durch einen Motor ersetzt werden, dessen Anker  $L_1$  sich mit einer dem zu messenden Strome proportionalen Geschwindigkeit dreht (Fig. 275). In diesem Falle wirkt ein Kugelregulator auf einen Hebel  $J_2$ , der das

Laufrädchen hebt, oder es an den Kegeln entlang rollt.

Wie bereits erwähnt, ist der Zähler mit einer Vorrichtung ausgerüstet, welche die Zeit, während der die Batterie abnormen Bedingungen unterworfen war, zu registrieren gestattet.

Wenn die Stromstärke zu gross ist, drückt der Anker  $L$  (Fig. 270) auf den um  $V$  drehbaren Hebel  $U$ , und infolgedessen spannt sich die um die Trommeln  $Y_1 Y_2$  gelegte Schnur. Zugleich kommt das Rad  $W$  in Kontakt mit  $X$ , beginnt sich zu drehen und rollt mittelst des

Friktionsrades  $W_1$  das Band  $Y$  von  $Y_1$  ab und auf  $Y_2$  auf. Die dort aufgewickelte Schnurlänge muss also proportional der Zeit sein, in welcher die Batterie unter abnormalen Bedingungen arbeitete.

Pendelzähler nach Aronschem System hat zuerst der Chefingenieur der Beleuchtungscentrale des Kensingtonbezirkes in London, Miller, für Accumulatorenanlagen verwendet.\*) Fig. 276

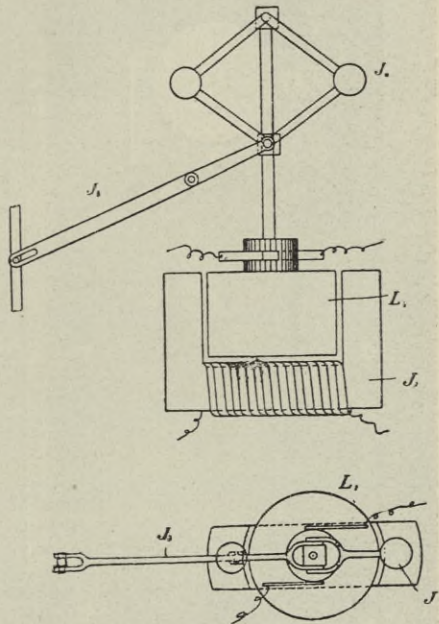


Fig. 275.

\*) Aron, Elektrizitätszähler für Accumulatorenbetrieb. E. T. Z. 1898, Heft 33.

zeigt einen solchen Zähler. Es ist ein gewöhnlicher Wattstundenzähler, wie bereits S. 60 beschrieben, jedoch besteht das Zeigerwerk aus einem grossen, in der Ferne sichtbaren Zifferblatt mit Zeiger.

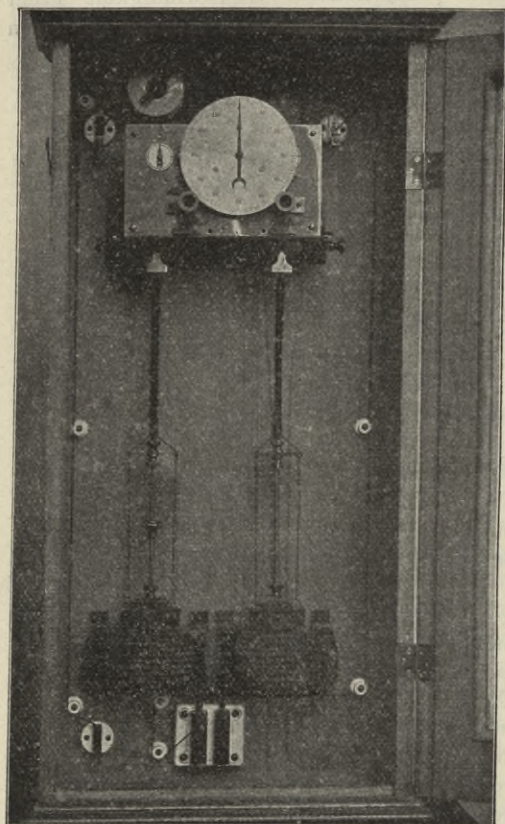


Fig. 276.

Um den wirklichen Ladezustand der Batterie direkt ablesen zu können, ist die

Konstruktion wieder so geändert, dass der Zähler bei der Ladung eine geringere Empfindlichkeit aufweist, als bei der Entladung, so z. B. 10 %. Hierzu dient das Relais R (Fig. 277), welches bei der Entladung durch den Kontakt c den Widerstand  $r_2$  vor der Nebenschlusspule abschaltet. Be trägt nun  $r_2 = 10\%$  des Gesamtwiderstandes, so wird der Zähler beim Laden um 10 % unempfindlicher.

Soll der Zähler Ladung und Entladung nicht in Wattstunden, sondern in Ampèrestunden angeben, so legt man den Nebenschluss für die Spannung im Zähler nicht an die Pole der Accumulatoren-batterie, sondern an die für die Lampenanlage, die ja ziemlich konstante Spannung haben soll.



Will man keine Voraussetzung über den Wirkungsgrad machen, so kann die Einrichtung so getroffen werden, dass man Ladung und Entladung getrennt registriert, und es der Bedienung überlässt, nach den ihr gegebenen Vorschriften Ladung und Entladung zu vollziehen. Für diesen Zweck könnte man zwei Zähler benutzen, von denen der eine vorwärts und der andere rückwärts registriert.

H. Aron hat die Konstruktion so getroffen, dass ein Zähler mit doppeltem Zifferblatt beides leistet. Da die Bewegung eines Wattstundenzählers sich umkehrt, wenn der Strom seine Richtung wechselt, da die Richtung der Spannung unverändert bleibt, so wird die Hauptwelle des Pendelzählers auch vorwärts und rückwärts gehen. Es müssen also zwei Zählwerke mit der Zählerwelle so gekuppelt werden, dass nur je ein Zählwerk sich bewegt, wenn der Zähler in einem Sinne geht, aber still steht, wenn der Zähler in umgekehrtem Sinne geht, und das andere Zählwerk sich bewegt, wodurch Ladung und Entladung getrennt registriert werden.

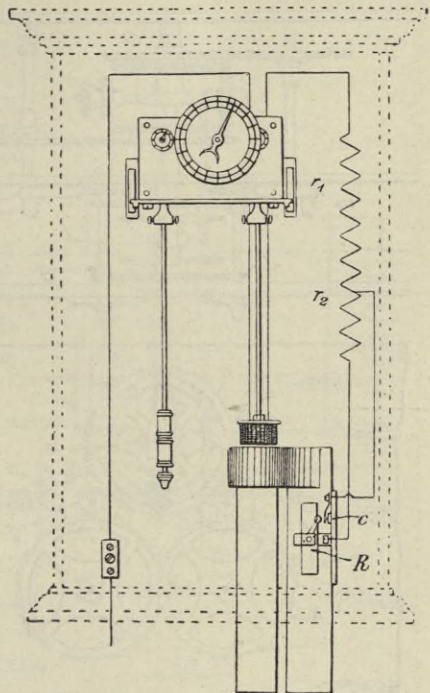


Fig. 277.

Die von H. Aron verwendete Kuppelungseinrichtung zeigt Fig. 278. Auf der Hauptwelle A des Zählers sitzen frei drehbar zwei Räder b und c mit Sperrzähnen von umgekehrter Zahnrichtung. Diese Sperrräder sind fest verbunden mit je einem Rad d und e, welche wiederum in die Triebe f und g greifen, die ihrerseits die ersten Räder h und i der Zählwerke

in Bewegung setzen. Je nachdem nun das Rad b oder c mitgenommen wird, schreitet das eine oder das andere Zählwerk vorwärts. Zur Mitnahme der genannten Räder dient nun ein Arm l, welcher auf der Hauptwelle a sitzt und zwei Stossklinken von umgekehrter Richtung trägt, welche in die Sperrzähne greifen.

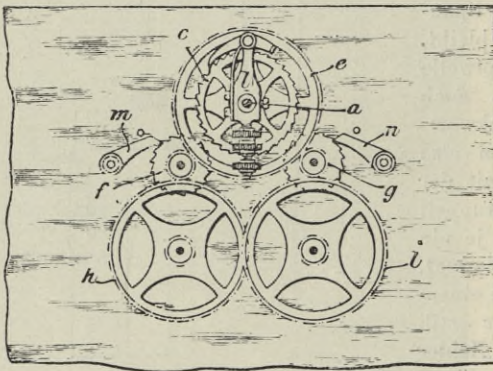
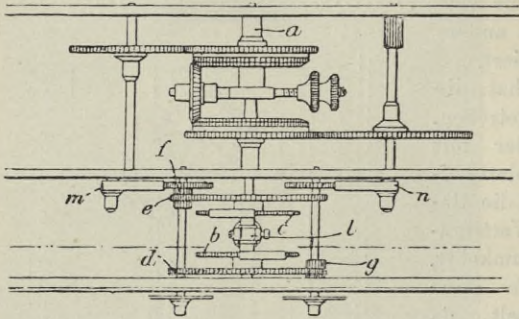


Fig. 278.

verhindern, dass, wenn das eine Zählwerk geht, das andere durch Reibung rückwärts mitgenommen wird.

Fig. 279 zeigt die Schaltung, und Fig. 280 die Ansicht eines solchen Zählers.

Bisher handelte es sich um einen diskontinuierlichen Betrieb, bei dem der Accumulator getrennt von dem Aussenbetriebe geladen, und getrennt von der Maschine entladen wird.

Abwechselnd nun, je nachdem der Zähler vorwärts oder rückwärts geht, wird das eine Sperrrad mitgenommen, und somit auch das eine Zählwerk, während über das andere Sperrrad die Klinke gleitet, und damit es nicht durch die Reibung mitgenommen wird, sind die Triebe f und g mit zwei Sperrrädern verbunden, in welche zwei Sperrklinken m und n greifen, die also



Handelt es sich aber um einen kontinuierlichen Betrieb, bei dem Maschine und Accumulator dauernd parallel geschaltet sind und gleichzeitig im Aussenbetriebe mitwirken, wo der Strom oft in kurzen Intervallen in den Zähler hinein- und aus ihm wieder herausgeht, so müssen die Zählwerke momentan folgen und dürfen beim Vorwärts- und Rückwärtsgehen keinerlei Art Trägheit besitzen.

Man muss in Zählern zweierlei Art Trägheit unterscheiden\*): die Trägheit des organischen Teiles des Zählers, d. h. des Ankers oder Pendels, und die des mechanischen Teiles des Zählwerkes. Während rotierende Anker, insbesondere mit Bremsscheiben gekuppelte, einen verhältnismässig hohen Grad von Trägheit besitzen, infolgedessen für Accumulatorenzähler für kontinuierlichen Betrieb unge-

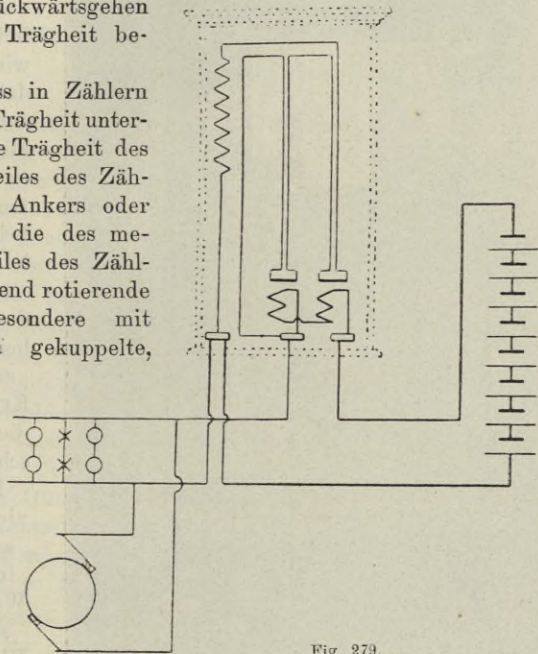


Fig. 279.

eignet sind, haben die Pendel so gut wie keine Trägheit. Diese folgen sofort der Einwirkung des Stromes, und man kann theoretisch einsehen, dass innerhalb einer halben Schwingung das Pendel schon folgen muss, da es jedesmal nach einer halben Schwingung die Geschwindigkeit Null beim grössten Ausschlage erlangt, und andererseits die Maximalgeschwindigkeit in der Mittellage. Jede halbe Schwingung ist also von der vorhergehenden unabhängig; folglich muss das Pendel innerhalb

\*) s. H. Aron, E. T. Z. 1898, Heft 33.

einer halben Schwingung den einwirkenden Kräften vollkommen folgen.

Die Trägheit des mechanischen Teiles des Zählwerkes

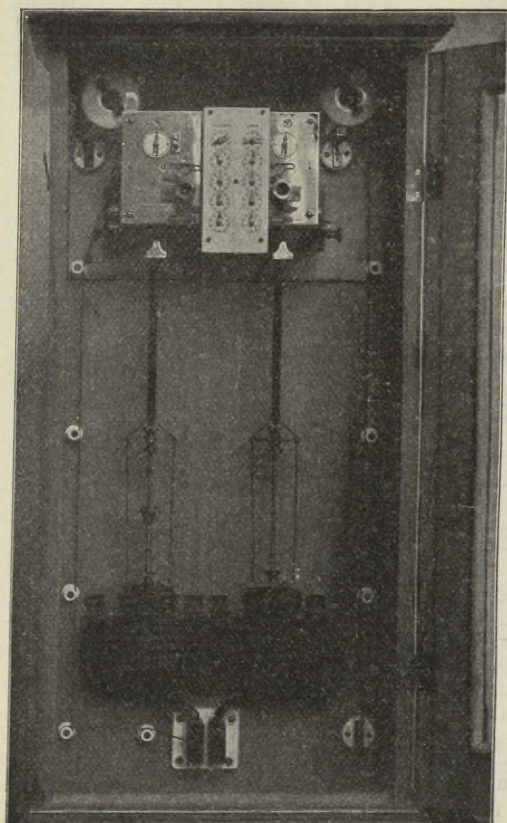


Fig. 280.

steht zum grössten Teil in dessen totem Gang, welcher ja bekanntlich wie Trägheit wirkt. Man kann daher die Umschaltvorrichtung nicht an einer zu langsam laufenden Welle anbringen, da dann leicht toter Gang auftritt. Wiederum ist es aber bei Zählern, die mit geringerer Kraft gehen, wie die alten Aronschen Zähler mit Federaufzug, nicht möglich, die am schnellsten fortschreitende Welle zu benutzen, weil die Uhren nicht die Kraft hätten, die Widerstände zu überwinden und leicht stehen bleiben würden.

Die neuen Aronschen Zähler besitzen jedoch genug Kraft, dass man auch an die schnellste Welle des Zählers die beiden getrennten Zählwerke anhängen kann, so dass in diesem Falle auch das Zählwerk keine Trägheit besitzt. In Fig. 281 ist ein solcher Zähler veranschaulicht.



Man kann selbstverständlich auch Motorzähler so einrichten, dass Ladung und Entladung, getrennt von nur einem Apparat, registriert werden. Eine dahin zielende Einrichtung wurde von Haskins angegeben.\*)

## 2. Transportable Elektrizitätszähler und Strassenbahnzähler.

Elektrizitätszähler müssen, um durch Erschütterungen hervorgerufene Fehler in den Angaben zu verhüten, stets an einer festen Wand montiert werden. Den Einfluss, welchen regelmässig hervorgebrachte Erschütterungen auf die Zählerangaben ausüben, hat O'Keenan an einem Thomsonzähler untersucht\*\*) und gefunden, dass die gerade Linie, welche die Angaben des Zählers darstellt, parallel zu sich selbst verschoben wird.

Für transportable Zähler und Zähler für Strassenbahnwagen, welche ja starken Erschütterungen ausgesetzt sind, werden daher geeignete Einrichtungen getroffen werden müssen, um die Fehlerquelle zu vermeiden. Handelt es sich darum, einen Zähler zur Kontrolle vorübergehend im Bahnwagen anzubringen, so wird man den Apparat, wie es auch O'Keenan vorgeschlagen hat, mit einer Gummilagerung versehen, indem man in die Grundplatte Kautschuckpfropfen einlässt, auf denen der Zähler steht. Fig. 282 zeigt einen solchen federnd gelagerten Thomsonzähler der Union E.-G.

Soll indessen ein Zähler ständig im Wagen mitgeführt werden, so wird einerseits die Raumfrage zu berücksichtigen sein, und ferner die zerstörende Wirkung, welche im Laufe der Zeit infolge der Stösse von den beweglichen organischen Teilen auf ihre Lagerung ausgeübt wird. Für Motorzähler wird diese Wirkung geringer ausfallen, wenn man das Ankergewicht reduziert. Die Union E.-G. baut zu diesem Zwecke einen leichten Anker mit kleiner Windungszahl und verstärkt zur Erreichung der erforderlichen Zugkraft das magnetische Feld durch Eisen-

---

\*) U. S. P. 664 948.

\*\*) O'Keenan Influence des vibrations extérieures sur les compteurs El. Thomson Ind. él. 1898 und Z. f. B. 1898.

Diese Anordnung gewährleistet auch bei Verwendung des leichten Ankers das erwünschte Drehmoment und gestattet den Zähler so kompensiös auszuführen, dass er für Dauergebrauch im Wagen montiert werden kann. Fig. 283 zeigt einen derartigen Zähler offen.

Pendelzähler eignen sich für den vorliegenden Zweck gar nicht, da die auftretenden Stösse den Gang solcher Zähler mit Pendeln oder ähnlichen Vorrichtungen empfindlich stören würden.

Zur jeweiligen Feststellung des Ladezustandes von Sammlerbatterien, welche auf Strassenbahnwagen mit gemischtem Betriebe zum Betriebe des Motors solcher Wagen vorgesehen sind und während der Fahrt durch eine äussere Stromleitung wieder geladen werden, eignen sich einige im vorigen Abschnitt angege-

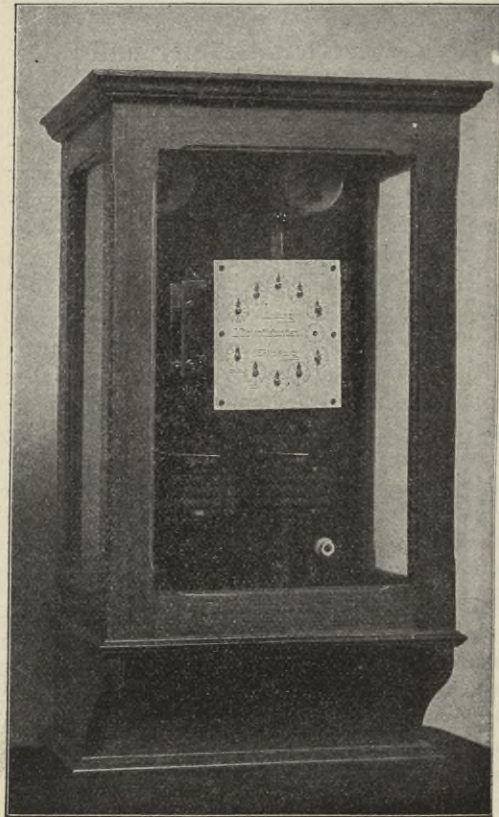


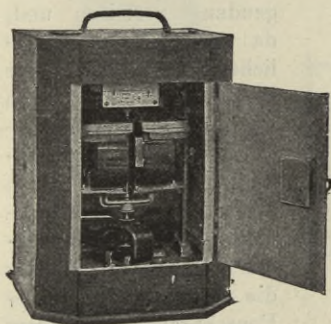
Fig. 281.

bene Konstruktionen, wie z. B. der Danubia O'K-Zähler. Selbstverständlich muss auch hier für eine geeignete Lagerung Sorge getragen werden.



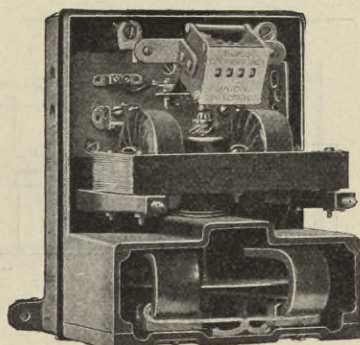
Eine von C. Liebenow\*) angegebene Schaltungsweise für Wagen mit gemischtem Betriebe zeigt Fig. 284. Dieselbe bezweckt, die Spannung der den Motor speisenden Hilfsbatterie H konstant, und zwar auf der Ladespannung zu halten. Der Ladestrom der Hilfsbatterie wird daher während der Zeitdauer der äusseren Stromzuleitung, also während der Ladeperiode der Wagenbatterie B, der äusseren Zuleitung O, während des Betriebes des Motors M aus der Sammlerbatterie dagegen der letzteren entnommen.

Werden Zähler bei Strassenbahnen als Streckenzähler verwendet, so bringt man die Apparate in Zählerhäuschen unter.



U.E.G.

Fig. 282.



U.E.G.

Fig. 283.

Wegen der vorbeifliessenden starken Ströme und in der Nähe befindlichen Eisenmassen benutzt man mit Vorliebe für den bezeichneten Zweck astatische Zähler. Die Schaltung geht aus Fig. 285 hervor, welche ein Zählerhäuschen der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft in Verbindung mit einer Strassenbahn zeigt, deren Netz als Dreileiternetz ausgebildet ist.

### 3. Höchstverbrauchsmesser und Zähler für besondere Tarife.

Seit einer Reihe von Jahren geht das eifrigste Bestreben der Leiter elektrischer Zentralen dahin, die Rentabilität der

\*) D. R. P. No. 103 476 und 105 941 und E. R. 1899/1900 Heft 1.

Anlage durch ein den praktischen Bedürfnissen und wirtschaftlichen Anforderungen genügendes Tarifsystem zu heben. \*)

Dies hat wiederum eine Reihe von mechanischen Konstruktionen gezeitigt, mittels deren eine gerechtere Differenzierung in der Konsumberechnung ermöglicht werden soll.

Man kann prinzipiell zwei Arten von Tarifen unterscheiden, den Pauschaltarif und den Tarif nach Verbrauchsmessern. Ersterer wird nur noch selten angewendet und nur in den Fällen, wo es sich um eine Gruppe unbedingt gleichzeitig zu benutzender Lampen von ganz bestimmter Brenndauer handelt. In allen anderen Fällen würde der Pauschaltarif den Konsumenten zur Stromvergeudung verleiten und,

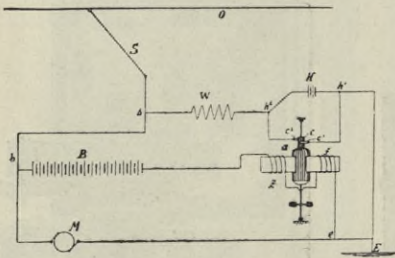


Fig. 284.

da er in der ursprünglichen Form auf der Festsetzung eines festen Preises für jede installierte Lampe zurückgreifen musste, dazu führen, dass der Konsument so wenig wie möglich Lampen installierte; die Festsetzung eines Pauschpreises hindert

demnach die Ausdehnung eines Werkes und verursacht demselben bei festen Einnahmen unnötig hohe Ausgaben.

Man ist deshalb fast ausschliesslich zu den Zählertarifen übergegangen, und es herrscht nur ein beträchtlicher Unterschied in der Art, wie die Zentralen die besten Konsumenten den schlechteren gegenüber bevorzugen wollen. Man muss auch hier zwei Systeme der Tarifierung unterscheiden. Bei

\*) Es sind hierüber eine grosse Reihe von Arbeiten erschienen, von denen die folgenden hier angeführt werden mögen: J. N. Singels. E. T. Z. 1892 Heft 25; Hopkinson E. T. Z. 1892 Heft 53; Kapp E. T. Z. 1894 S. 311; Rasch E. T. Z. 1895 S. 739, Journal für Gasbeleuchtung 1896; Kallmann E. T. Z. 1897 Heft 16; Wilkens E. T. Z. 1899 S. 272; Hohmann E. T. Z. 1901 Heft 3; Wilkens E. T. Z. 1901 Heft 6; Fodor E. T. Z. 1901 Heft 8; Ross E. T. Z. 1901 Heft 9; Kallmann E. T. Z. 1901 Heft 34; Wilkens E. T. Z. 1901 Heft 49; Wright E. T. Z. 1902 Heft 5; s. ferner Herzog und Feldmann Handbuch der elektrischen Beleuchtung, Berlin 1901 S. 572 u. ff.



dem ersteren wird die mittlere Brennzeit der Lampen kalkulatorisch berechnet, und hiernach ein Brennstundenrabatt und eventuell auch Geldrabatt gewährt. Bei dem zweiten System werden die Rabatte unter Zuhilfenahme automatischer Kontroll-einrichtungen bestimmt.

Solcher mechanischer Tarifsysteme kann man im Grossen und Ganzen zwei Hauptkategorien unterscheiden\*):

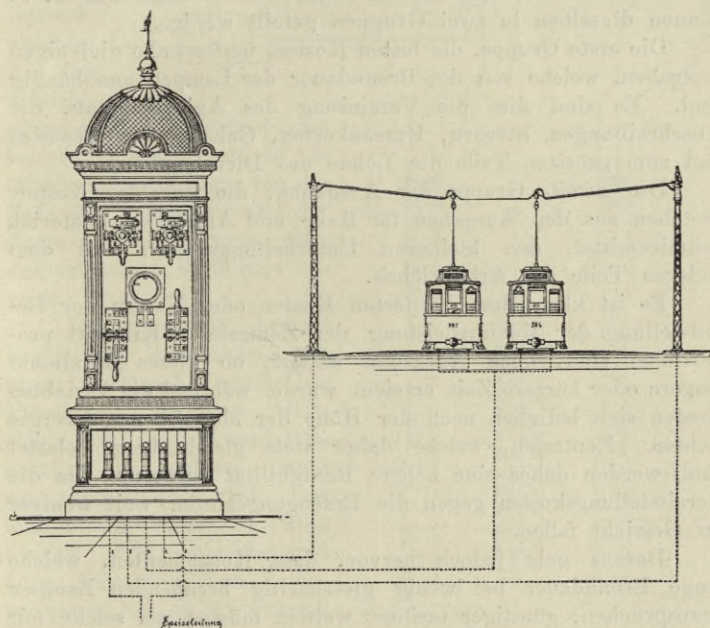


Fig. 285.

a) Die Tarifberechnung nach Massgabe der Ausnutzung der Anlage, d. h. nach der Zahl der mittleren Brennstunden für die angeschlossenen bezw. im Maximum benutzen Lampen.

b) Die Unterscheidung des Tarifs je nach der Zeit der Stromentnahme.

Das erstere System, der Wrightsche Tarif geht von dem Satze aus, dass jeder Abnehmer seinen Teil zum Gesamtver-

\*) s. Kallmann E. T. Z. 1901 S. 676.

dienste beitragen müsse. Wright betrachtet also alle Abnehmer als Glieder einer Interessengemeinschaft, derart, dass jeder derselben jenen bestimmten Teil der Anlage und Leitungen besitzt, der gerade seinen Anforderungen an die Gesamtanlage entspricht und dass jeder derselben für die durch diesen Teil der Anlage bedingten Kosten aufzukommen hat.

Betrachtet man nun zu diesem Zwecke die Posten, welche die Debetseite der Jahresbilanz einer Zentralanlage bilden, so können dieselben in zwei Gruppen geteilt werden.

Die erste Gruppe, die festen Kosten, umfasst alle diejenigen Ausgaben, welche von der Brenndauer der Lampen unabhängig sind. Es sind dies die Verzinsung des Anlagekapitals, die Abschreibungen, Steuern, Bureaukosten, Gehälter der Beamten und zum grössten Teile die Löhne des Dienstpersonals.

Die zweite Gruppe der Ausgaben, die variablen Kosten, bestehen aus den Ausgaben für Heiz- und Anfeuerungsmaterial, Schmiermittel, den kleineren Unterhaltungskosten und dem anderen Teile der Arbeitslöhne.

Es ist klar, dass die festen Kosten oder Kosten der Bereitstellung der Maximalleistung der Zentrale in Kilowatt proportional sind, ohne Rücksicht darauf, ob dieses Maximum längere oder kürzere Zeit erreicht wurde, während die variablen Kosten sich lediglich nach der Höhe der abgegebenen Energie richten. Zentralen, welche daher stets gleichmässig belastet sind, werden daher eine höhere Rentabilität aufweisen, da die Bereitstellungskosten gegen die Erzeugungskosten weit weniger ins Gewicht fallen.

Daraus geht jedoch hervor, dass Konsumenten, welche lange Brenndauer bei wenig gleichzeitig brennenden Lampen beanspruchen, günstiger tarifiert werden müssen, als solche mit kurzer Brenndauer und grosser Zahl gleichzeitig eingeschalteter Lampen. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend, wird beim Wrightschen Stromtarifsystem der Brennstundenrabatt aus dem erreichten Maximum des Stromverbrauchs berechnet.

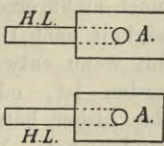
Der Konsument erhält also zwei Apparate, einen gewöhnlichen Zähler und einen Höchstverbrauchsmesser, von denen einige nachstehend beschrieben werden mögen.

Der Höchstverbrauchsmesser von Wright und Reason, wie er von den Luxschen Industriewerken A.-G. hergestellt wird, ist ein Differentialthermometer, dessen Glaskugel von dem zu messenden maximalen Strome erwärmt wird. Durch



diese Anordnung sind alle mechanisch beweglichen Teile vermieden, die im Laufe der Zeit verstauben und die Genauigkeit des Apparates beeinflussen könnten; ferner ist der Apparat in Räumen verschiedener Temperatur stets richtig und schliesslich kann er

ohne Änderungen irgend welcher Art für Gleich-



strom und für Wechselstrom verwendet werden, da er bei letzterem unabhängig von der Zahl der Polwechsel und der Form der Stromkurve, stets den effektiven Mittelwert anzeigt.

Der Apparat besteht aus einer U-förmigen, mit einer schwach gefärbten Flüssigkeit gefüllten Glasröhre FF, die an zwei luftgefüllte Glasgefässe angeschmolzen ist (Fig. 286). Das eine dieser Gefässe trägt eine Spirale WS aus Platinoid oder einer ähnlichen Legierung von hohem Widerstand, die an den Klemmen AA endigt und von dem zu messenden Strome durchflossen wird. Die unter dem Einfluss dieses Stromes er-

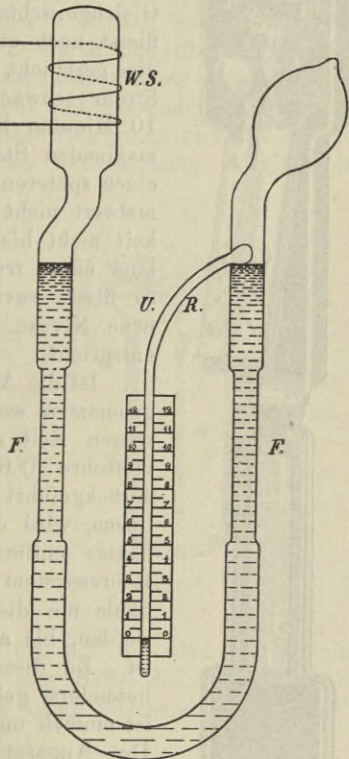


Fig. 286.

zeugte Wärme des Bandes teilt sich dem Gefässe und der darin enthaltenen Luft mit, die sich ausdehnt und dadurch die Flüssigkeit der U-förmigen Röhre links zum Sinken, rechts zum Steigen bringt. Es fliesst deshalb etwas von der Flüssigkeit in das mit dem zweiten Behälter verschmolzene Überfallrohr UR. Die Höhe der nach Erreichung des thermischen Gleichgewichts

in UR vorhandene Flüssigkeit ist also ein Mass für den durch WS fließenden oder maximal geflossenen Strom, dessen Stärke an einer empirisch festgestellten, leicht nachzulebenden Skala abgelesen werden kann. Solange der thermische Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht ist, fließt noch etwas Flüssigkeit nach UR über, dies geschieht nicht mehr, wenn entweder der Strom schwächer geworden ist, oder etwa 10 Minuten lang in der bisher betrachteten maximalen Stärke bestanden hat. Wird bei einer späteren Gelegenheit der frühere Maximalwert nicht erreicht, so steigt die Flüssigkeit nicht bis zum Überlauf; steigt der Strom über einen früher beobachteten Maximalwert, so fließt soviel Flüssigkeit nach, dass das neue Niveau in UR dem jetzigen Strom entspricht.

Ist die Ablesung des Maximalstromes vorgenommen worden, so muss nach einer gewissen Zeit die Flüssigkeit aus dem Überlaufrohr UR wieder in den Schenkel F zurückgeführt werden. Um dies zu ermöglichen, wird die Plombe des gusseisernen Gehäuses entfernt, und dann kann das ganze Röhrensystem und die mit ihm festverbundene Skala um die Klemmen AA soweit verdreht werden, bis alle Flüssigkeit aus UR entfernt ist. Zu diesem Zwecke sind die Kontakte besonders gelenkig ausgebildet. Die Arbeit ist einfach und zuverlässig zu bewerkstelligen. Der Apparat ist in Fig. 287 geöffnet dargestellt.

Statt einer Platinoidspirale können nach F. Lux jr. Thermolemente de zur Erwärmung der Luftkammer c benutzt werden, wodurch die Anbringung einer gleichstufigen Skala ermöglicht wird (Fig. 288). Eine besondere Ausführungsform dieses Messgerätes

besteht darin, dass auch in der Gegenluftkammer f Thermolemente in entsprechender Anzahl angeordnet und mit den

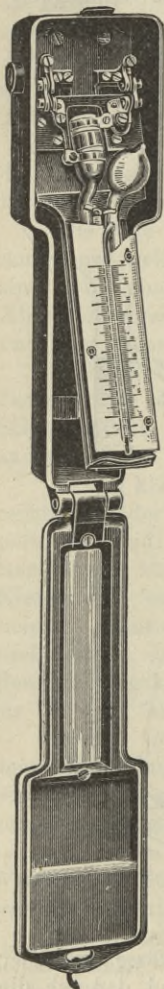


Fig. 287.



Elementen in der Kammer c entgegengesetzt geschaltet sind, so dass während der Erwärmung der Kammer c die Kammer f behufs Vermeidung eines Gegendruckes auf die Flüssigkeitssäule gekühlt wird (Fig. 289).

Ein der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft patentierter Höchstverbrauchsmesser\*) benutzt zur Messung die Ausdehnung eines Hitzdrahtes D durch den Strom (Fig. 290), und zwar wird durch die Längenausdehnung desselben eine Bewegung eines federgespannten und federnden Hebels oder Gelenkes ph hervorgerufen. Diese Bewegung lässt die Drehung einer durch Eigengewichts- oder Federwirkung schwingenden

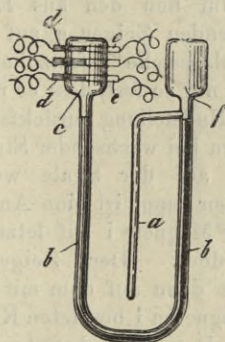


Fig. 288.

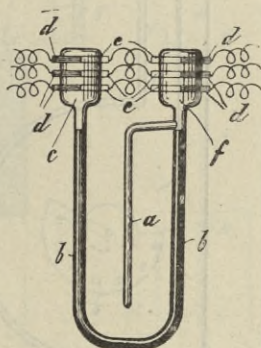


Fig. 289.

Kurven- oder Staffelscheibe s bis auf den dem Strom entsprechenden Wert zu, während der Hebel beim Zurückgehen infolge Sinkens der Stromstärke durch Federung die Scheibe s festhält.

Nach Art eines Metallthermometers ist ein von F. Lux jr. angegebener Maximalstrommesser gebaut.\*\*) Der Strom tritt bei a (Fig. 291) ein, geht durch die Metallbänder b und c und tritt bei d wieder aus. Die Metallbänder sind aus verschiedenen Metallen (Messing und Eisen) zusammengesetzt. Wenn nun der Strom, wie dargestellt, die beiden Bänder b und c durchfließt oder auch durch einen in gewisser Entfernung von den

\*) S. E. T. Z. 1898 S. 530.

\*\*) S. Z. f. B. 1902 Heft 5; D. R. P. 126 309.

Bändern angeordneten Erhitzungsstreifen gesandt wird, so werden die Bänder erwärmt und dehnen sich aus. Da sich nun Messing um etwa doppelt so viel ausdehnt als Eisen, so muss

sich der Verbindungspunkt e nach der Seite des Eisens, in diesem Falle nach rechts, bewegen. Diese Bewegung wird vermittelt eines Fadens oder feinen Drahtes o auf die Rolle f und dadurch auf den auf der Rollenachse sitzenden Zeiger g übertragen.

Um nun den aus Eisen bestehenden Zeiger g auf der Ausschlagsstelle festzuhalten, jedoch nur so fest, dass er nicht in die Nullstellung zurückfallen, dagegen bei wachsender Stromstärke auf der Skala weiter schreiten kann, ist eine Anzahl kleiner Magnete i auf letzterer angeordnet. Der Zeiger g schleift dann auf dem mit diesen Magneten i besetzten Kreisbogen h und wird unter der Wirkung der Magnete auf der jeweiligen Maximalstellung festgehalten.

Die Querschnitte der beiden Bänder b und c sind so bemessen, dass ihre Widerstände und dadurch ihre Erwärmung einander gleich sind. Um nun das Messgerät gegen äussere Temperatureinflüsse unempfindlich zu machen, ist das Eisenband c mittels eines wärmeisolierenden Teiles k mit einem

zweiten Stücke Eisen l verbunden. Das Messingband b ist mit einem wärmeisolierenden Teile m auf dem gleichen Grundblock n wie Band l befestigt. Von aussen einwirkende Wärme

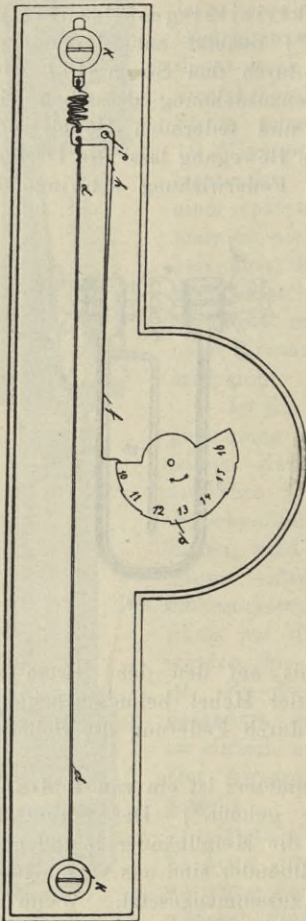


Fig. 290.



bezw. Kälte dehnt, bezw. kürzt die Eisenteile *c* und *l* um den gleichen Betrag, wie das Messingband *b*. Der Punkt *e* kann sich deshalb nur in der Längsrichtung verschieben. Diese kleine Veränderung wird jedoch für ein praktisches Messinstrument zu vernachlässigen sein, kann auch durch Aufhängung der Teile *b c k m l n* in einer Kompensationsvorrichtung gebotenenfalls ganz vermieden werden.\*)

Statt bei dem Konsumenten zwei Apparate, einen Zähler und einen Höchstverbrauchsmesser aufzustellen, können auch

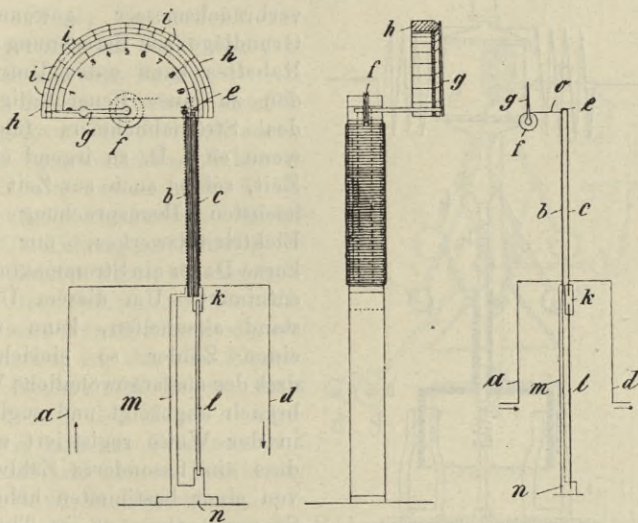


Fig. 291.

beide zu einem Ganzen vereinigt werden. — Halsey hat in dieser Weise einen Thomsonzähler umkonstruiert.\*\*) Er verbindet den Motoranker mit der Bremsscheibe nicht fest, sondern federnd, und es wird die letztere erst dann normal mit dem Anker rotieren, wenn ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen Zugkraft des Motors, Federung und Bremskraft erreicht ist. Die Grösse der Federung wird nun mit der Zugkraft wachsen

\*) S. ferner die Höchstverbrauchsmesser von Young U. S. P. 623 861; Swoboda U. S. P. 624 993 u. a. m.

\*\*\*) El. World Bd. 33 S. 628.

und ihr grösster Wert wird durch eine Klinke und gezahntes Rad, welche sich auf der Achse der Bremsscheibe resp. Ankerachse befinden, festgestellt. Mit der Ankerachse verbunden ist ein Zeiger, der über der Bremsscheibe, welche mit Skala versehen ist, spielt. Die durch die Grösse der Federung hervorgerufene gegenseitige Verstellung von Zeiger und Scheibe ist das Mass des maximalen Konsumverbrauchs und kann direkt abgelesen werden.

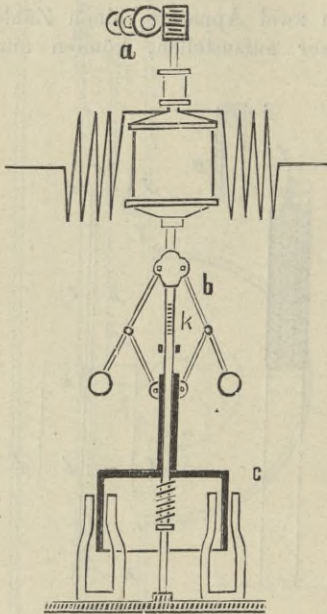


Fig. 292.

Die durch den Höchstverbrauchsmesser gewonnene Grundlage zur Berechnung des Rabattes kann unter Umständen zu einer Benachteiligung des Stromabnehmers führen, wenn er z. B. zu irgend einer Zeit, sei es auch zur Zeit der höchsten Beanspruchung des Elektrizitätswerkes, nur auf kurze Dauer ein Strommaximum entnimmt. Um diesem Übelstand abzuhelpen, kann man einen Zähler so einrichten, dass der aussergewöhnliche Verbrauch angezeigt und zugleich in der Weise registriert wird, dass ein besonderes Zählwerk von einer bestimmten höheren Stromentnahme ab in Thätigkeit tritt, oder dass ein gewöhnliches Zählwerk von einer

bestimmten Stromentnahme an besonders beeinflusst wird. Nach diesem System ist es gleichgültig, ob das Strommaximum sich während einer Ablesungsperiode vielmals wiederholt oder ob es bei jeder Wiederholung längere Zeit andauert, oder ob es in dem ganzen Zeitabschnitt nur einmal vorgekommen ist.

Einen solchen Elektrizitätszähler für aussergewöhnlichen Verbrauch von W. Mathiesen zeigen die Fig. 292 u. 293 in zwei Ausführungsformen. \*) Fig. 292 veranschaulicht einen Motor-

\*) E. R. 1901/02 No. 13.



zähler, bei dem das gewöhnliche Zählwerk a von der vorliegenden Einrichtung derart beeinflusst wird, dass es bei dem Überschreiten einer bestimmten Stromentnahme schneller zählt und die Summierung der gewöhnlichen und besonderen Registrierung auf dasselbe Zählwerk überträgt. Es geschieht dies dadurch, dass der Pendelregler b, der mit einem die magnetische Dämpfung bewirkenden Cylinder c in Verbindung steht, den letzteren je nach der Umdrehungszahl der Axe in der Minute mehr oder weniger aus seinem magnetischen Felde herauszieht und dadurch eine Beschleunigung der Umdrehung des Zählers herbeiführt, die sowohl eine progressive als auch eine proportionale sein kann.

In der zweiten Ausführungsform Fig. 293 ist ausser dem gewöhnlichen Zählwerk noch ein zweites mit d bezeichnetes angeordnet. Sobald die Umdrehungsgeschwindigkeit des Zählers durch ein Anwachsen des Verbrauches über die kritische Grenze hinaus so gross geworden ist, dass die Kugeln des Reglers sich heben, dann wird auch der Kegel e angehoben und das Friktionsrad f kommt mit ihm in Berührung und wird in Umdrehung versetzt.

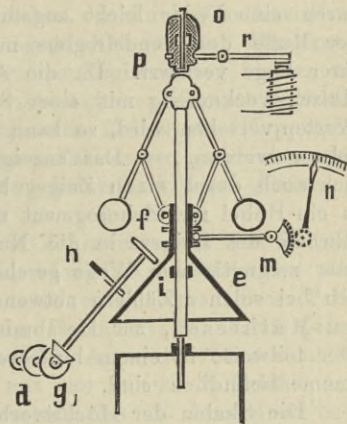


Fig. 293.

Durch zwei konische Räder g wird diese Umdrehung auf ein zweites Zählwerk übertragen. Je mehr der Kegel e gehoben wird, desto schneller dreht sich das Rad f, das mehr nach dem Umfange des Kegels gelangt. Die Registrierung dieses Zählers ist also eine progressive und das gewöhnlich proportional zählende Werk kann bei der beginnenden Thätigkeit des Reglers ausgeschaltet werden; doch empfiehlt es sich, das gewöhnliche Zählwerk proportional weiter registrieren zu lassen, da man bei zwei getrennten Zählwerken in jedem Falle einen Vergleich zwischen dem gewöhnlichen und dem höheren Verbrauch ziehen kann. Wenn beide Zählwerke registrieren, dann müssen die Angaben des zweiten Zählwerkes zu einem billigeren Tarif berechnet werden, als wenn das erste ausgeschaltet wird,

da es sich in solchem Falle nur um einen Zuschlagtarif für den höheren Verbrauch handelt. — Die Welle des Friktionsrades  $f$  wird in einer Gabel  $h$  geführt, damit es dem Kegel ungehindert folgen kann.

Wenn das zweite Zählwerk proportional zählt, dann müssen seine Angaben mit dem Faktor des Höchstverbrauches multipliziert und zu den Angaben des ersten Zählwerkes addiert werden. Die progressive Registrierung hätte aber den Vorteil, dass eine Ablesung des Verbrauches jederzeit ohne weiteres von dem Konsumenten vorgenommen werden kann. Die Anzeige der grössten Energieentnahme geschieht in der Weise, dass die durch eine Feder leicht angedrückte Hülse  $k$  (Fig. 292) von der Muffe des Pendelreglers mitgenommen wird und dann in ihrer Lage verharrt. Da die Ankerachse in dem Bereich der Hülse zweckmässig mit einer Skala von empirisch gefundenen Werten versehen wird, so kann der Höchstverbrauch direkt abgelesen werden. — Das anzeigen des Höchstverbrauches lässt sich auch durch einen Zeiger bewerkstelligen. In Fig. 293 ist  $m$  ein Hebel mit Zahnsegment und  $n$  der Zeiger. Die Zurückführung des Zeigers in die Nulllage kann auf mechanischem oder magnetischem Wege geschehen. Das letztere ist namentlich bei solchen Zählern notwendig, die, nach einem Vorschlage von Mathiesen, zur Herabminderung der Widerstände ganz oder teilweise in einem luftleeren oder luftdicht verschlossenen Raume befindlich sind.

Die Skalen der Höchstverbrauchsmesser enthalten in ihrer ursprünglichen Form eigentlich nur Stromwerte in Ampère. Neuerdings aicht man jedoch die Skalen in Kilowatt oder aber direkt nach jener Anzahl Kilowattstunden, die bei der betreffenden Anlage nach dem Grundpreise zu bezahlen wären.\*)

Das zweite der mechanischen Tarifsysteme besteht in der Unterscheidung des Tarifs je nach der Zeit der Stromentnahme. Es geht davon aus, dass bei den Elektrizitätswerken zur Zeit des höchsten Lichtbedarfs in den Abendstunden für eine kurze Dauer eine sehr grosse Belastung eintritt, während in der ganzen übrigen Zeit, besonders tagsüber, die Beanspruchung des Werkes nur gering ist. Da nun das Werk für einen Maximalkonsum eingerichtet werden muss, dieser sich aber auf wenige Betriebsstunden beschränkt, ist die Anlage meist schlecht aus-

---

\*) s. E. Hohmann, E. T. Z. 1901 Heft 3.



genutzt. Um nun den Konsum tagsüber zu heben, die Ausnützung der Anlage also zu erhöhen, verbilligt man den Tarif während der Tagesstunden, während man zur Abendzeit einen entsprechend höheren Tarif ansetzt. Der Strom wird also nach zwei verschiedenen Tarifen abgegeben und dies ergibt die Notwendigkeit, entweder zwei Zähler aufzustellen, oder einen sogenannten Doppeltarifzähler zu verwenden.

Apparate der genannten Art sind in den letzten Jahren in grosser Zahl konstruiert worden. Sie lassen sich allgemein in zwei grosse Gruppen teilen, solchen die sich automatisch mit Hilfe einer Uhr zu bestimmter Zeit auf den höheren bzw. niederen Tarif umschalten, und solchen, die durch eine besondere Leitung von der Zentrale aus umgeschaltet werden. Man kann die Einteilung auch nach der Art der Registrierung treffen, ob die zu verschiedenen Tarifen verbrauchten Kilowatt getrennt registriert werden, also zu bestimmten Zeiten die Kuppelung des Zählers mit zwei verschiedenen Zählwerken geschieht, oder nur ein Zifferblatt zur Anwendung kommt und eine Änderung der Empfindlichkeit eintritt.

Das erstere System mit zwei Zählwerken hat den Vorteil, dass man sofort erkennen kann, wieviel Kilowattstunden der Konsument zu dem einen und wieviel er zu dem anderen Tarif verbraucht hat und man kann das Verhältnis der Tarife jeder Zeit ändern, ohne dass man an den Apparaten etwas ändern muss. Bei Doppeltarifzählern mit nur einem Zifferblatt erkennt man weder, wieviel Kilowattstunden zu dem einen und anderen Tarif verbraucht wurden, noch wieviel Energie überhaupt konsumiert wurde, da der Apparat in den verschiedenen Perioden verschiedene Konstanten hat. Die Ablesung bietet nur eine Grundlage zur Berechnung des Preises für gelieferten Strom.

Der Doppeltarifzähler von H. Aron\*) besteht aus einem gewöhnlichen Elektrizitätszähler mit doppeltem Zifferblatt und einem Uhrwerk, welches vermittelt eines elektrischen Selbstaufzuges, wie bereits früher beschrieben, angetrieben wird. Die Uhr ist eine Pendeluhr, welche sich sehr genau einregulieren lässt, da die treibende Feder immer ziemlich genau mit derselben Kraft auf das Uhrwerk wirkt. Der Antrieb erfolgt durch die Welle c. Auf dieser sitzt das Stundenrad d,

---

\*) E. T. Z. 1901 Heft 18.

welche durch Vermittelung der Zwischenräder  $e e'$   $f f'$  mit den Rädern  $g g'$  derart in Eingriff steht, dass sich die letzteren nur halb so schnell als das Stundenrad drehen, also in 24 Stunden nur eine Umdrehung machen. Die beiden Räder  $g g'$  sitzen drehbar auf den beiden in der Platine festgeschraubten Stiften  $h h'$  und tragen die Butzen  $k k'$ , welche mit

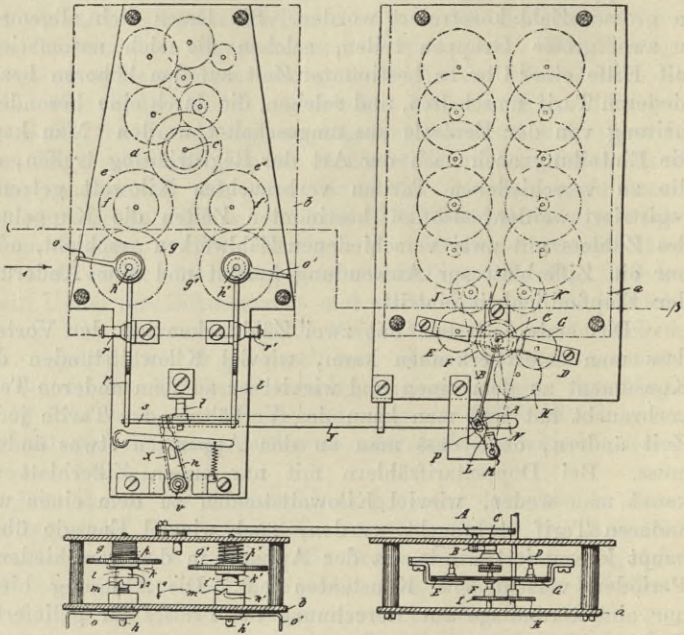


Fig. 294.

den Nuten  $i i'$  versehen sind, in welche die um  $r r'$  drehbaren Hebel  $l l'$  eingreifen. Aus den Butzen  $k k'$  sind ferner Einschnitte  $m m'$ , welche in eine schiefe Ebene auslaufen, ausgearbeitet, welche letztere zu geeigneter Zeit auf die Nasen  $n n'$  der beiden Stellzeiger  $o o'$  auffallen. Die Räder  $g g'$  mit den Butzen  $k k'$  und Einschnitten  $m m'$  werden durch Federn  $p p'$  beständig gegen die Nasen  $n n'$  der Stellzeiger  $o o'$  gedrückt. Die beiden Räder  $g g'$  sind in der Längsrichtung verschiebbar



auf den beiden Stiften  $h h'$  angeordnet. Dreht sich nun z. B. das Rad  $g$  durch Vermittelung des Uhrwerkes auf dem Stift  $h$  in Richtung des Pfeiles 2, so wird schliesslich durch den Druck der Feder  $p$  der Einschnitt  $m$  plötzlich unter die Nase  $n$  zu liegen kommen und infolgedessen das Rad  $g$  mit dem Butzen  $k$  und der Nut  $i$ , also im Sinne des Pfeiles 4 verschoben. Dadurch wird der um  $r$  drehbare Doppelhebel  $l$  im Sinne des Pfeiles 3 gedreht (Fig. 295—297), was zur Folge hat, dass auch der dreiarmlige Hebel  $s$  um seinen Drehpunkt  $t$  gedreht und in die Stellung, welche in Fig. 297 angedeutet ist, gebracht wird. Der Arm  $u$  des dreiarmligen Hebels  $s$  umgreift mit der Gabel  $u_1$  u das Ende des um  $v$  drehbaren Hebels  $w$ , dieser letztere aber ist fest verbunden mit dem Hebel  $x$ , welcher an die Verbindungsstange  $y$ , die das Uhrwerk mit dem Elektrizitätszähler verbindet, angreift und dieselbe hin und herbewegen kann. Im Elektrizitätszähler ist die Verbindungsstange  $y$  durch die

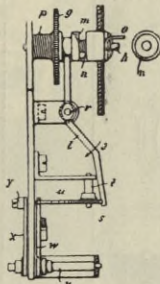


Fig. 295.

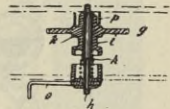


Fig. 296.

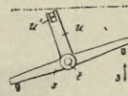


Fig. 297.

Vermittelung des Zapfens  $A$  und der Feder  $B$  mit einem um  $C$  drehbaren Kippwerk  $D$  verbunden (Fig. 294), welches die Räder  $EFG$  trägt, die durch die Räder  $HI$  von dem Gangwerk des Elektrizitätszählers angetrieben werden. Je nachdem sich nun die Verbindungsstange  $y$  in ihrer äussersten Links- oder Rechtsstellung befindet, werden die Räder  $FE$  mit dem Betriebsrade  $J$  des Zählwerkes für den einen Tarif oder die Räder  $FG$  mit dem Antriebsrade  $K$  des Zählwerkes für den anderen Tarif gekuppelt. Um den Zapfen  $A$  der Verbindungsstange  $y$  greift auch noch die Gabel  $P$  des Hebels  $L$ , welcher mit Hilfe des Bolzens  $M$  mit dem Zeiger  $N$  fest verbunden ist. Der Zeiger  $N$ , welcher von aussen sichtbar angeordnet ist, dient dazu, anzuzeigen, welches Zählwerk augenblicklich eingeschaltet ist; es ist dem Konsumenten hierdurch ein Mittel an die Hand gegeben, sich stets zu vergewissern, nach welchem Tarif er augenblicklich den Strom zu bezahlen hat.

Die Arbeitsweise dieses Apparates ist nun die folgende: Wenn z. B. die Elektrizität von 7 Uhr morgens bis 7 Uhr abends zu einem billigeren Preise, von 7 Uhr abends bis 7 Uhr früh zu einem teureren Preise abgegeben werden soll, so muss der eine Stellzeiger  $o$  auf 7 Uhr früh des Zifferblattes  $O$  gestellt werden, welches eine 24-Stundenteilung besitzt, während der andere Stellzeiger  $o'$  auf 7 Uhr abends des Zifferblattes  $O'$  zu stellen ist, welches gleichfalls eine 24-Stundenteilung trägt. Diese beiden Zifferblätter sind halb weiss und halb schwarz ausgeführt, und zwar liegen die Stunden von

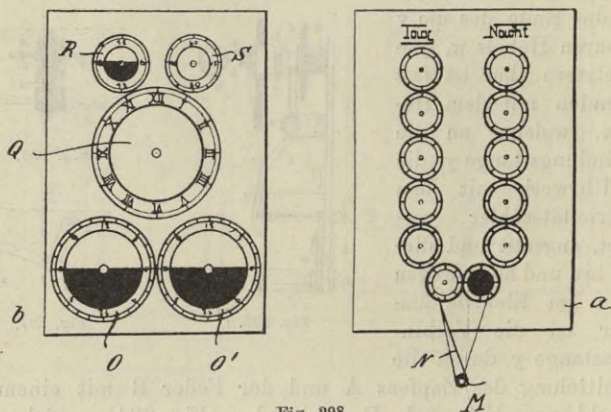


Fig. 298.

6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens in einem schwarzen Felde, damit eine Verwechslung der Tages- und Nachtzeit durch den bedienenden Monteur ausgeschlossen ist. (Fig. 298.) Da sich nun die Räder  $i$  und  $i'$  in 24 Stunden nur einmal herum-drehen, so kann auch, da die Butzen  $k$  und  $k'$  nur einen Ein-schnitt  $m$  bzw.  $m'$  tragen, nur einmal in 24 Stunden ein Auf-fallen der Einschnitte  $m$  und  $m'$  auf die Nasen  $n$  und  $n'$  statt-finden. Infolge der Einstellung des Stellzeigers  $o$  auf dem Zifferblatt  $O$  auf früh 7 Uhr muss, sobald die Uhr am Ziffer-blatt  $O$  früh 7 Uhr zeigt, das Auffallen des Einschnittes  $m$  auf die Nase  $n$  erfolgen und die erste Umschaltung bewirken. In eben derselben Weise erfolgt die zweite Umschaltung abends um 7 Uhr, wenn das Auffallen des Einschnittes  $m'$  auf die



Nase  $n'$  geschieht, entsprechend der Einstellung des Zifferblattes  $O'$ . Das Wiederzudrücken der Feder  $pp'$  erfolgt selbstthätig

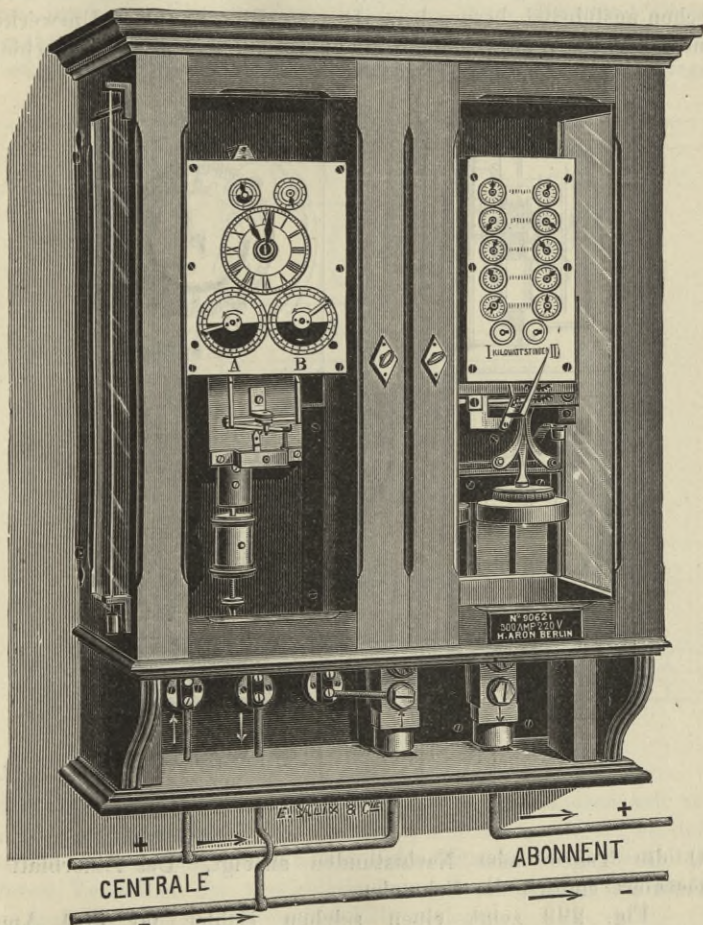


Fig. 299.

durch das Uhrwerk, indem die schiefen Ebenen  $m$  und  $m'$  an den Nasen  $n$  und  $n'$  der Stellzeiger vorbeigleiten und so die Vorrichtung wieder gebrauchsfähig machen. Die Übertragung

der durch die Nasen  $n$  und  $n'$  und die Einschnitte  $m$  und  $m'$  verursachten Längsverschiebungen auf das Kippwerk  $D$  und die hierdurch bedingte Einstellung auf Tarif I oder II ist oben schon ausführlich besprochen. Das am Zifferblatt des Uhrwerkes noch sichtbare Zifferblatt  $R$  giebt an, ob das grosse Zifferblatt

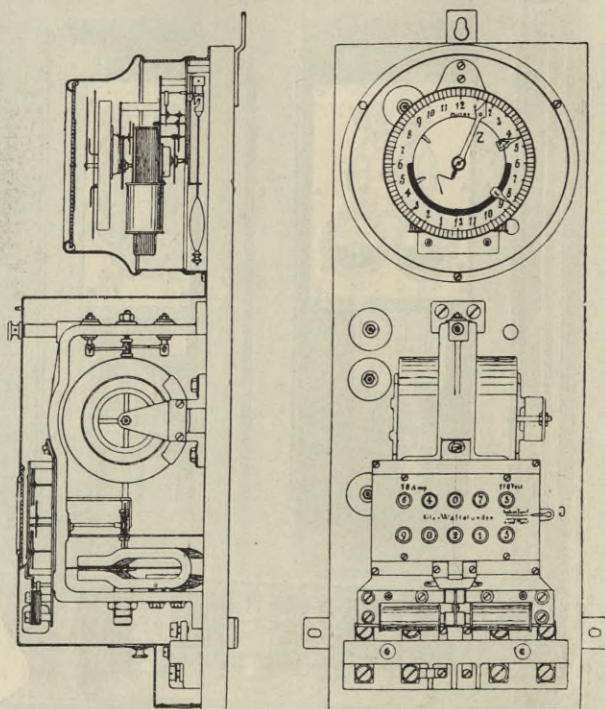


Fig. 300.

$Q$  die Tages- oder Nachtstunden anzeigt. Das Zifferblatt  $S$  markiert endlich die Sekunden.

Fig. 299 zeigt einen solchen Zähler für 300 Amp. 220 Volt Zweileiter-Gleichstrom in Ansicht, wie derselbe von der Arongesellschaft hergestellt wird.

Der Doppeltarifzähler der E. A. G. vorm. Schuckert & Co. (Fig. 300) ist aus dem bereits vorher beschriebenen Motorzähler der Firma hervorgegangen. Er verzeichnet die zu höherem



und niederen Tarif verbrauchten Kilowattstunden ebenso wie der Aronzähler getrennt auf zwei Zifferblättern. Die Kuppelung der Zählwerke mit der Motorachse geschieht nicht unmittelbar durch die Uhr, sondern durch ein unter denselben angebrachtes Relais, dessen rechte oder linke Spule je nach dem Tarif durch die oberhalb des Motors befindliche Uhr erregt

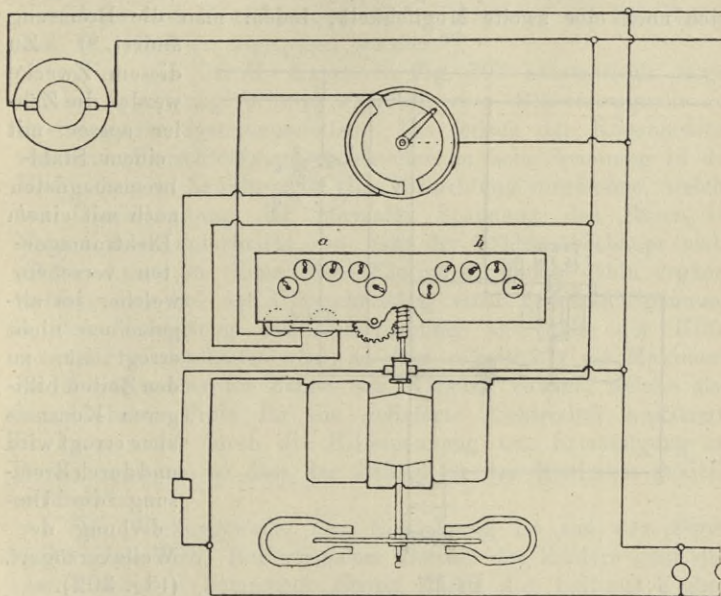


Fig. 301.

wird, und zwar wird, sobald der Zeiger Z den oberen mit A. h. T. bezeichneten Stellzeiger erreicht, die rechte, sobald er den mit E bezeichneten erreicht, die linke Relaispule eingeschaltet. Durch Verstellen der Stellzeiger kann man Anfang und Ende des hohen Tarifs auf beliebige Zeit verlegen.

Die Union E. G. hat einen Zähler für Doppeltarif angegeben, der schematisch in Fig. 301 dargestellt ist. Von den beiden getrennten Zählwerken a b registriert das eine a die gesamte verbrauchte Energie, während das andere b durch zeitweilige, elektrische Kuppelung mit dem ersteren nur den-

jenigen Energiebetrag registriert, der dem besonderen Tarife unterliegt.

Soll der Energieverbrauch nach beiden Tarifen auf einem Zifferblatt verzeichnet werden, so wird meist für den höheren resp. niederen Tarif die Empfindlichkeit verändert. Dies kann in einfacher Weise durch zeitweises Vorschalten von Widerstand für die Nebenschlusspule geschehen. Für Motorzähler ergibt sich noch eine zweite Möglichkeit, indem man die Bremsung

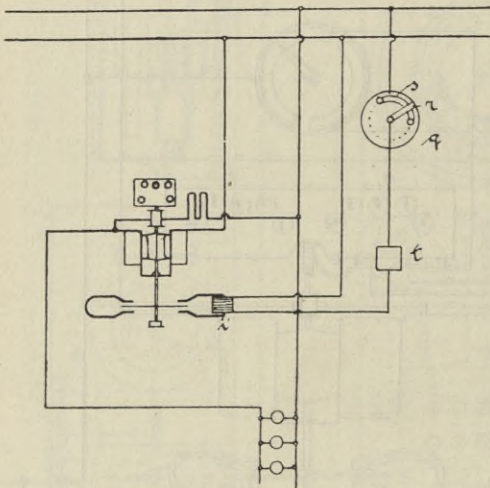


Fig. 302.

ändert. \*) Zu diesem Zwecke werden die Zähler ausser mit einem Stahlbremsmagneten noch mit einem Elektromagneten versehen, welcher im allgemeinen nicht erregt ist, zu den Zeiten billigeren Konsums aber erregt wird und durch Bremsung die Umdrehung der Welle verzögert. (Fig. 302).

Man kann selbstverständlich statt der Änderung der Empfindlichkeit ein mechanisches Umschaltwerk einführen, welches die Ein- bzw. Ausschaltung eines die Umdrehungszahl des Zählwerkes verändernden Zwischengetriebes bewirkt. \*\*)

Soll die Einstellung auf den einen oder anderen Tarif nicht durch eine Uhr sondern von der Zentrale aus geschehen, so wird neben der eigentlichen Stromquelle, welche den Nutzstrom liefert, noch eine zweite angeordnet, welche durch

\*) s. Union E. G., D. R. P. No. 99 840.

\*\*\*) s. u. a. Kapp. E. P. 6707 (1892). L. Zahn. D. R. P. 107 845 (1900).



Spannungsdrähte mit sämtlichen Nebenschlusspulen der Zähler verbunden ist (z. B. in Ipswich England). Soll nun für den Tagesbedarf der Preis der Elektrizität vermindert werden, so schickt man mit Hilfe der zweiten Stromquelle durch den Zähler eine geringere Spannung, welche den Gang des Zählers verzögert, also denselben langsamer registrieren lässt und so den Preis der verbrauchten Elektrizität vermindert. Bestimmte Verfahren und Einrichtungen solcher Art sind von Dr. Rasch und Dr. H. Lux angegeben worden.\*)

Eine von Dr. H. Aron in Fig. 303 schematisch dargestellte Anordnung benutzt ebenfalls eine Hilfsstromquelle zur Speisung der Spannungsspulen. Um jedoch den Konsumenten vor einer Benachteiligung durch eine zu hohe Spannung in der Hilfsleitung zu bewahren ist eine Einrichtung vorgesehen, welche bei Überschreitung der normalen Spannung den Strom im Nebenschluss unterbricht, so dass der Zähler überhaupt nicht zählt. Ausserdem kann diese Einrichtung noch dahin ergänzt werden, dass bei der Überschreitung einer gewissen Spannung in der Hilfsleitung die Nutzspannung an Stelle der Hilfsspannung eingeschaltet wird, so dass selbstthätig als Maximum die Nutzspannung im Zähler zur Wirkung kommt, welche also den höchsten Preis für die gelieferte Elektrizität bestimmt. Es kann somit durch die Hilfsspannung nur Ermässigung im Preise eintreten, so dass der Zähler für das Maximum geacht werden kann.

Die Wirkungsweise der Einrichtung ist aus der Figur leicht erkenntlich. Bei normalem Betrieb des Zählers geht der vom Pendel p kommende Strom durch die Leitung 4 über Hebel H Kontakt k, Leitung 3 nach der Hilfsstromquelle m zurück. Wird dagegen die Spannung der letzteren zu hoch, so zieht der Elektromagnet E seinen Anker  $l^1$  an, dreht den Hebel H und der der Kontakt  $k^1$  wird geschlossen, was zur Folge hat, dass jetzt der Strom von Klemme K über Leitung 1 Pendel p, Leitung 4, Hebel H, Kontakt  $k^1$ , Leitung 5 nach Klemme  $K^1$  des Zählers geht, also die Spannung der Hilfsstromquelle m aus- und die Normalspannung der Stromquelle M einschaltet.

Statt der Änderung des Nebenschlussstromes wird bei einem von der Union E. G. angegebenen Doppeltarifzähler

\*) s. E. T. Z. 1895 S. 740 und Z. f. B. 1895 S. 225.

von der Zentrale aus die Übersetzung zwischen Ankerwelle des Zählermotors und der Antriebswelle des Zählwerkes verändert. Diese veränderliche Übersetzung besteht aus zwei Paar auf je einer Achse verschiebbar angeordneter Reibungskegelräder,

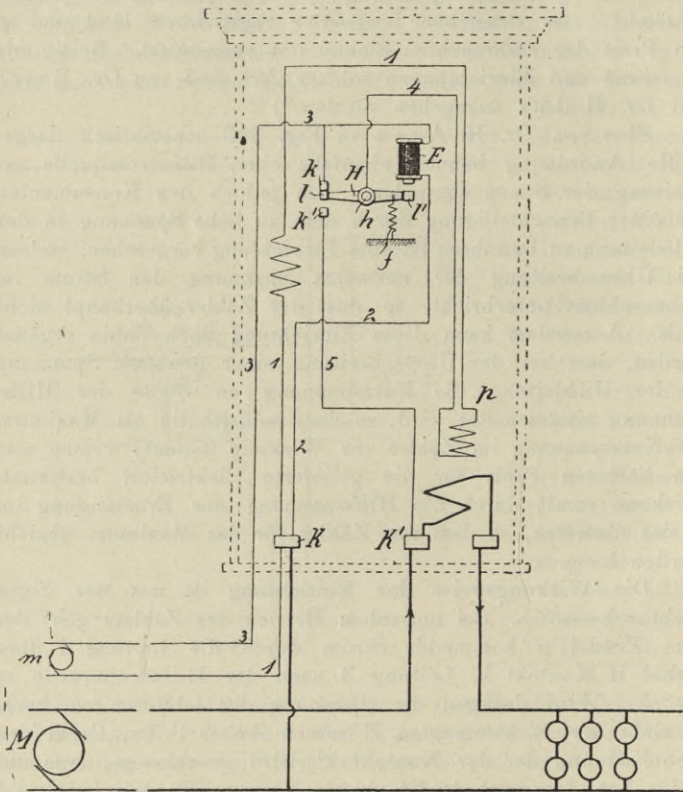


Fig. 303.

zwischen denen eine Reibscheibe die Bewegungsübertragung vermittelt.\*)

Vergleicht man die beiden Differentialtarifsysteme an Hand der Tageskonsumkurve einer Anlage (Fig. 304 für einen

\*) D. R. P. No. 108 059.



Wintertag, Fig. 305 für einen Sommertag), so ergibt sich, dass das System nach Höchstverbrauchsmessern nur die Höhepunkte der Konsumkurve ohne Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs, also die Ordinaten ohne Rücksicht auf die Abscissen, in Rechnung zieht. Beim Doppeltariffsystem wird durch die Uhr d. h. durch die Abscissen der Rabatt diktiert, also es werden alle diejenigen wichtigen Momente vernachlässigt, die dem System nach Maximalstromanzeigern zu Grunde liegen.)\*

Soll also ein Tarif geschaffen werden, welcher alle Momente berücksichtigt, so kann dies nur an Hand einer vollständigen Interpretation des Belastungsdiagramms geschehen.

Einer Würdigung der tatsächlichen Verhältnisse kommt man schon bei Benutzung eines Apparates, wie der vorher beschriebene Mathiesen'sche näher, der also den Verbrauch in zwei Staffeln registriert. — Würde man den Gesamtverbrauch in eine grössere Anzahl Staffeln, entsprechend bestimmten Bruchteilen der Gesamtstromstärke der Anlage zerlegen (in Fig. 304 und 305 sind vier Staffeln angenommen) und den

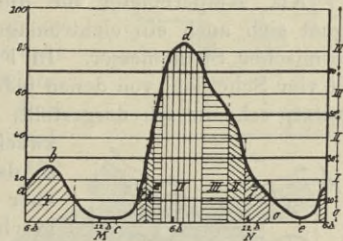


Fig. 304.

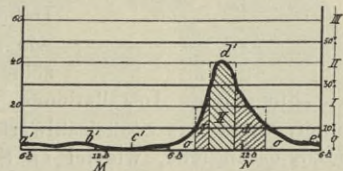


Fig. 305.

Verbrauch jeder Staffel gesondert an einem Zählwerk registrieren, so könnte ein solcher Apparat die kostspieligen Registrierinstrumente, welche den Verlauf der Konsumkurve direkt aufzeichnen würden, in gewisser Beziehung ersetzen und tiefere Einblicke in die Art des Betriebes gestatten.

Die Grundzüge dieses Systems wurden zuerst von Dr. Kallmann auf der VIII. Jahresversammlung des Verbands deutscher Elektrotechniker 1900 dargelegt. Der von ihm in Vorschlag gebrachte Apparat besteht aus einem rohen Ampèremeter, gegen dessen Zeiger ein mit vier Skalen versehenes Zähl-

\*) Weiteres hierüber s. Kallmann E. T. Z. 1901 Heft 34.

werk stösst. Durch jeden Stoss wird ein Rad an jenem Zählwerk in eine teilweise Drehung versetzt, in dessen Bereich sich der Zeiger befindet. Nach Ablauf eines Monats zeigt der Apparat also an, dass der Konsument z. B. während 1000 Stunden seine Anlage mit 0—30 % während 600 Stunden mit 30 bis 50 %, während 400 Stunden mit 50—70 % und während 200 Stunden mit 70—100 % ihres Maximums benutzt hat.\*) Die Rabattberechnung erfolgt nun in der Weise, dass für jede der Konsumstufen den Konsumenten ein separater Rabatt eingeräumt wird.

Als Ampèremeter für die Ausführung des Verfahrens eignet sich auch ein elektromagnetisches Relais\*\*) oder elektrothermischer Strommesser. In Fig. 306 ist ein Staffenzählwerk mit vier Scheiben, von denen jede eine Teilung bis 1000 Stunden besitzt, schematisch dargestellt. Die einzelnen Scheiben stehen

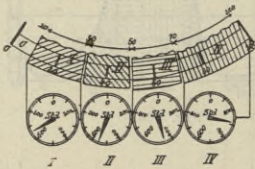


Fig. 306.

zweckmässig in keiner Verbindung, so dass jede für sich zählt. Es kann aber auch eine Verbindung derartig geschaffen werden, dass je nach der Grösse des Verbrauchs eine oder mehrere Scheiben geschaltet werden. Dann ist rechnerisch zu ermitteln, wie sich der Verbrauch auf die einzelnen Staffeln verteilt.

Für kleine Installationen ohne eigentlichen Elektrizitätszähler, wirkt das Staffenzählwerk gleichsam als Stufenzeitzähler, indem es anzeigt, wieviel an Strom in jeder der Staffeln verbraucht worden ist und hier genügt eine totale Summierung ohne nachträgliche Feststellung der Anzeige für die einzelnen Staffeln.

Gegen alle diese Differentialtarifsysteme sind von vielen Seiten nicht unberechtigte Einwände gemacht worden. Hierauf an dieser Stelle einzugehen, würde zu weit führen und muss daher auf die bereits zitierte Litteratur hingewiesen werden.

Für Installationen, deren Besitzer sich für einen bestimmten Tarif verpflichten, stets nicht mehr als eine bestimmte Anzahl Lampen gleichzeitig zu brennen, werden Kontrollautomaten von

\*) vergl. Hans Heimann D. R. P. No. 115301.

\*\*) vergl. G. C. Pillinger D. R. P. No. 107684 und Z. f. B. 1899 S. 444.



der Firma Dr. Paul Meyer A. G. fabriziert, die im wesentlichen aus einem selbstthätigen Ausschalter bestehen, welcher bei Überschreitung einer gewissen Stromstärke so lange die Leitung abwechselnd unterbricht und schliesst, bis die zulässige Stromstärke wieder hergestellt ist. \*)

Diese Apparate wurden von H. Tudor und W. Schwarzhaupt angegeben, und bestehen aus einem Elektromagneten C mit der Spule D (Fig. 307). Der um die Achse I drehbare Anker dieses Elektromagneten ist fest mit einer wagerecht angeordneten Glasröhre E verbunden, welche zwei napfartige Ausbuchtungen mit zwei eingeschmolzenen Platindrähten besitzt. Die

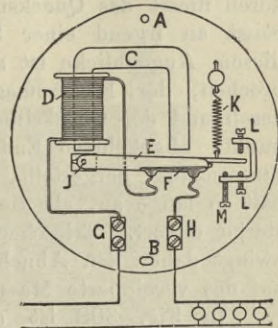


Fig. 307.

Stromleitung zwischen beiden Näpfen vermittelt der Quecksilberfaden F. Die Glasröhre ist mit einem eigentümlichen Gasgemenge gefüllt, welches den Öffnungsfunken bei der Ausschaltung auch der höchsten hier in Frage kommenden Energiemenge von ca. 15 Ampère bei 220 Volt so stark verkleinert, dass eine Gefahr für den Bestand der Röhre selbst bei andauern-

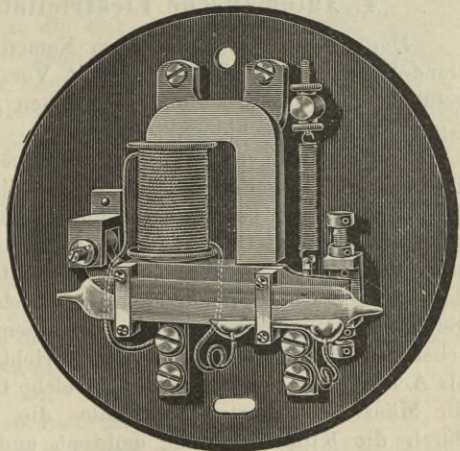


Fig. 308.

dem Schalten nicht besteht. Die Enden der Spule D führen zu dem Quecksilberfaden F bzw. den Anschlussklemmen G und H, an welchen der Apparat in die zu kontrollierende Leitung der Konsumstelle eingefügt wird.

\*) E. T. Z. 1902 Heft 8.

Bei normaler der Vereinbarung entsprechender Stromentnahme ist im Betriebe an dem Apparat nichts zu bemerken. Wird jedoch mehr Strom als vereinbart entnommen, zieht der Elektromagnet den Anker und damit die Glasröhre an. Dadurch fließt das Quecksilber nach dem Drehpunkt I zu und reisst an irgend einer Stelle zwischen den Näpfen ab. In diesem Augenblicke ist aber auch der ganze Stromkreis unterbrochen, der Elektromagnet wird stromlos, der Anker fällt herab und der Quecksilberfaden fließt wieder nach dem Drehpunkte abgekehrten Ende der Röhre. Es wird jetzt wieder Stromschluss hergestellt, das Spiel beginnt von neuem und hält so lange an, als die Überschreitung der normalen Stromstärke dauert. Erlöschen und Wiederaufleuchten der Lampen zwingt daher den Abnehmer, die erhöhte Stromstärke wieder auf das vereinbarte Mass zu vermindern.

In Fig. 308 ist der Kontrollautomat in Ansicht dargestellt.

#### 4. Automatische Elektrizitäts-Verkäufer.

Der Erfolg der unter dem Namen Gasautomaten in den Handel gebrachten Gasmesser mit Vorausbezahlung hat dazu geführt, auch für Elektrizität demselben Zwecke entsprechende Apparate zu konstruieren.

Der Automat von K. Hahn der Firma Lingen & Baumgart in Königsberg (Fig. 309 u. 310) besteht aus einem sich in Führungen  $M_1$  und  $M_2$  bewegenden Fahrstuhl I, zu welchem ein Einwurfskanal O von aussen führt. Der Fahrstuhl ist mit einer Kippvorrichtung versehen und hängt an einem Seidenfaden, der über eine mit Windflügeln L versehene Hemmvorrichtung geführt und am anderen Ende mit einem Gegengewicht C versehen ist. Die Achse der Kippvorrichtung dient gleichzeitig als Achse einer Führungsrolle  $I_1$ , welche beim Sinken des durch die Münze beschwerten Fahrstuhles die Führung verliert, wodurch die Kippvorrichtung umkippt und so das Geldstück in den Behälter R fallen lässt. Hierauf klappt die Kippvorrichtung wieder hoch, der Fahrstuhl wird nunmehr durch das Gegengewicht wieder hochgezogen und hebt vermittelst des Stiftes H den Hebel F, wodurch der Strom in den Quecksilbernäpfen  $D_1$   $D_2$  unterbrochen wird. Gelangt wieder ein Geldstück in den Fahrstuhl, so senkt sich dieser, der Mitnehmerstift tritt ausser Thätigkeit und der Hebel F taucht mit



seinen Enden in die Quecksilbernäpfe, wodurch der Strom wieder geschlossen wird.

An Stelle der Ausführung des Selbstverkäufers mit Windfang lässt sich auch eine Flüssigkeitshemmung in bekannter Weise anwenden.

Dieser Apparat, ebenso wie eine grosse Anzahl anderer Konstruktionen\*), lässt also die Lampen eine bestimmte Zeit ohne Berücksichtigung der Zahl angeschlossene Watt brennen, vertritt also die Rolle eines Elektrizitätszeitzählers und ist daher nur in kleinen Anlagen mit stets gleich bleibender Zahl brennender Lampen wie für nächtliche Treppenbeleuchtung anwendbar.

Soll der Automat die elektrische Energie entsprechend dem Verbrauch abgeben, muss der Mechanismus von einem Watt- oder Ampèrestundenzähler beeinflusst werden.

In einfacher Weise ist diese Aufgabe von F. M. Long und E. Schattner unter Benutzung eines elektrochemischen Zählers gelöst worden\*\*). Fig. 311 zeigt eine Ausführungsform des Long-Schattner Automaten. Der Schalthebel b ist auf einer Platte a isoliert angeordnet und wird durch eine auf dem Träger c gelagerte Schneide derart getragen, dass er sich nicht im Gleichgewicht befindet. Der Ausschlag des Hebels wird durch eine über dem Schwingungspunkt

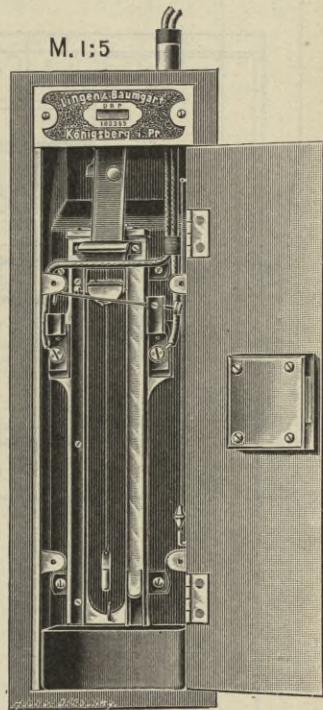


Fig. 309.

\*) s. u. a. O. Burger D. R. P. No. 92905; de Moyna D. R. P. No. 98125; C. Gladenbeck D. R. P. No. 113923; Dr. Klingenberg D. R. P. No. 115357; Gillespie E. P. 18103 u. Écl. él. Bd. 16 S. 139.

\*\*\*) s. D. R. P. No. 103790. Écl. él. Bd. 21 S. 413 Armagnat Compteurs,



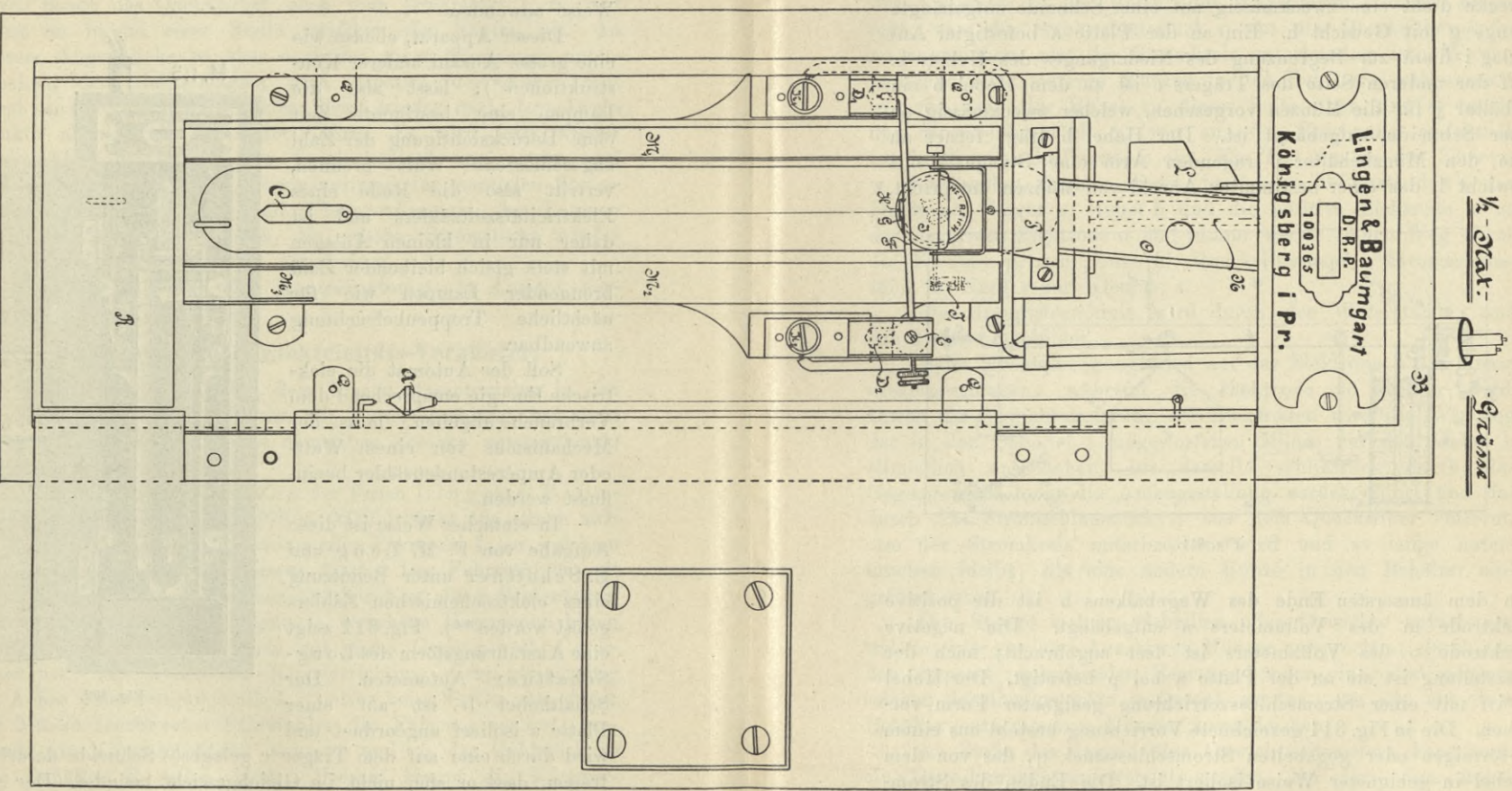


Fig. 310.



an dem Hebel befestigte mit Gewicht versehene Stange d verstärkt. An dem einen Ende trägt der Hebel b eine Schraube e, welche mit einer Mutter oder einem Gewicht f versehen ist, durch welches die Hebelwaage eingestellt werden kann. Demselben Zwecke dient eine zweckmässig auf einer Schneide aufgehängte Stange g mit Gewicht h. Ein an der Platte a befestigter Anschlag i dient zur Begrenzung des Niederganges des Hebels b. Auf der anderen Seite des Trägers c ist an dem Hebel b ein Behälter j für die Münzen vorgesehen, welcher zweckmässig an einer Schneide aufgehängt ist. Der Hebel b trägt ferner an dem den Münzbehälter j tragenden Arm eine Stange k mit Gewicht l, das einer bestimmten Anzahl von Münzen entspricht.

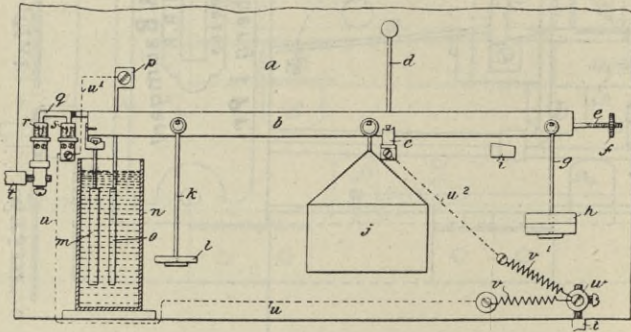


Fig. 311.

An dem äussersten Ende des Wagebalkens b ist die positive Elektrode m des Voltameters n aufgehängt. Die negative Elektrode o des Voltameters ist fest angebracht; nach der Darstellung ist sie an der Platte a bei p befestigt. Der Hebel b ist mit einer Stromschlussvorrichtung geeigneter Form versehen. Die in Fig. 311 gezeichnete Vorrichtung besteht aus einem U-förmigen oder gegabelten Stromschlussstück q, das von dem Hebel in geeigneter Weise isoliert ist. Die Enden des Stromschlussstückes tauchen in Quecksilbernapfe r s, von denen ersterer die Klemme der Hauptleitung t aufnimmt und letzterer den Leitungen u und u<sup>1</sup> als Anschluss dient. Die Leitung u führt nach der Hauptklemme w und ist mit einem Widerstand v versehen, die Leitung u<sup>1</sup> führt nach dem mit der festen Elektrode o des Voltameters verbundenen Stromschlussstück p.

Die Elektrode *m* ist durch den Hebel *b* und Träger *c* mit dem Draht *u*<sup>2</sup> verbunden der mit einem Widerstand *v*<sup>1</sup> versehen und an die Hauptklemme *w* angeschlossen ist.

Die Arbeitsweise ist nun die folgende: Vor der Benutzung des Apparates ist der Hebel oder Wagebalken *b* derart umgelegt, dass das Stromschlusstück *q* aus den Quecksilbernäpfen *r* *s* ausgehoben, also der Stromkreis unterbrochen ist. Werden nun eine oder mehrere Münzen in den Behälter *j* eingebracht, so neigt sich der Hebel an dieser Seite über, und es taucht das Stromschlusstück *q*, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, in die Quecksilbernäpfe ein. Ein Teil des an der Klemme *w* eintretenden Stromes fließt durch den Widerstand *v*<sup>1</sup>, den Draht *u*<sup>2</sup>, Träger *c*, Hebel *b* und die positive Elektrode *m* zu der negativen Elektrode *o* und nimmt weiter seinen Weg durch die Klemme *p*, den Draht *u*<sup>1</sup>, Quecksilbernapf *s*, Stromschlusstück *q*, Napf *r* zur Klemme *t*.

Der Hauptstromkreis wird durch den Widerstand *v* und den Draht *u* gebildet.

Beim Stromdurchgang wird auf der Elektrode *o* das Anion niedergeschlagen, während die Elektrode *m* leichter wird. Durch die Gewichtsänderung der Elektroden wird die Wirkung der in den Behälter *j* eingeworfenen Münze auf den Hebel *b* allmählich aufgehoben, bis derselbe schliesslich durch das Gegengewicht *h* in die Anfangsstellung zurückgeführt und dadurch das Stromschlusstück *q* aus dem Quecksilber entfernt, also der Stromkreis unterbrochen wird und so lange unterbrochen bleibt, bis eine andere Münze in den Behälter eingeführt wird.

Die Stange *k* kann Scheiben oder Gewichte aufnehmen, welche einer gewissen Anzahl von Münzen entsprechen; durch den den Apparat nachsehenden Beamten können eine oder mehrere solcher Scheibengewichte aufgelegt werden, um die aus dem Behälter entnommenen Münzen auszugleichen.

An Stelle des dargestellten Gewichtvoltameters, kann auch ein Gasvoltameter angewendet werden, bei dem eine umgekehrte Glocke oder dergleichen an dem Schalthebel vorgesehen werden kann, um das beim Stromdurchgang entwickelte Gas zu sammeln und den Hebel anzuheben.

C. O. Bastian benutzt für seinen Selbstverkäufer zur Messung nicht die entwickelte Gasmenge eines Gasvoltameters, sondern ebenso wie bei dem früher beschriebenen Bastianzähler



die durch die Gasentwicklung hervorgerufene Niveaudifferenz<sup>\*)</sup>. Der Apparat ist in Fig. 312 dargestellt. Durch den Einwurf eines Geldstückes wird die Schnur oder Kette Q um ein gewisses Stück abgewickelt und es entfernt sich die Scheibe S von dem von dem Schwimmer getragenen Haken T der Stange T<sup>1</sup>. Gleichzeitig bewirkt die Münze, das sich der Hebel A senkt

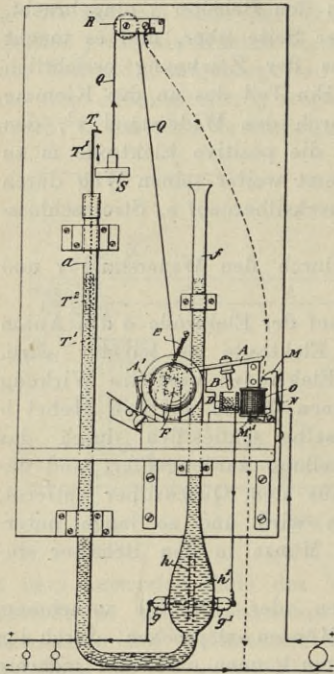


Fig. 312.

und den Hauptstrom schliesst, welcher von dem + Pol der Stromquelle in der Pfeilrichtung zur Feder N über den Hebel A durch den Stift B, das Quecksilbergefäss D und das Voltameter ( $g^1$ ,  $h^1$ ,  $h$ ,  $g$ ) zum - Pol fliesst. Der Hauptleitung kann jetzt so lange Strom entnommen werden, bis der Schwimmer T<sup>2</sup> so weit gefallen ist, dass der Haken T das Gewicht S berührt. Sobald dies geschieht, wird die punktierte Nebenschlussleitung vom Strom durchflossen und der erregte Elektromagnet O bewirkt ein Anziehen des Ankers M<sup>1</sup>, wodurch auch der Haken M unter Überwindung der Feder N verstellt wird und das freie Ende des Ankers A freigiebt. Die Feder E zieht nun den Stromschlusshebel in die Höhe und Hauptstrom und Nebenschlussleitung wird unterbrochen. Jetzt kann Strom erst dann wieder

entnommen werden, wenn durch Einwurf einer neuen Münze Hebel A niedergezogen und ein neues Stück der Schnur Q abgewickelt wird.

Bei Benutzung mechanischer Zähler für Selbstverkäufer wird der Mechanismus etwas komplizierter. Die Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des

<sup>\*)</sup> D. R. P. No. 106126.

compteurs in Paris stellt einen Apparat her, welcher in Fig. 313 schematisch dargestellt ist. Die Anordnung ist hierbei in der Weise getroffen, dass zunächst nach Münzeinwurf ein Federwerk gespannt und gleichzeitig der Strom geschlossen wird. Der Elektrizitätszähler regelt dann mittelst eines nur schwachen Kraftaufwand erfordernden Hemmwerkes die Schnelligkeit, mit welcher die Feder sich wiederum entspannt und bestimmt infolge dessen die Zeit, nach deren Ablauf der Strom wiederum unterbrochen wird. Das Einwerfen eines Geldstückes in den Schlitz C gestattet, das Schaltrad B, welches lose auf der Achse eines Differentialgetriebes sitzt, um eine Teilung weiter zu drehen, indem man eine Kurbel dreht, deren Welle eine Blende I trägt, um den Schlitz C zu verdecken. Das Schaltrad B, welches das Aufziehwerk der treibenden Feder antreibt, wird durch eine Klinke K festgehalten, die um die Welle L drehbar ist. Auf dieser Welle ist auch ein Hebel N befestigt.

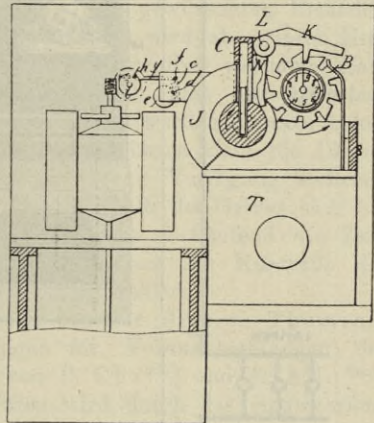


Fig. 313.

Derjenige, welcher den Apparat in Thätigkeit setzen will, wirft das Geldstück in den Schlitz C und dreht einen Handgriff in Richtung des eingezeichneten Pfeiles, worauf die Blende I den Schlitz C verdeckt, um während der Thätigkeit des Apparates das Einwerfen eines zweiten Geldstückes zu verhindern. Sodann trifft der Rand der Blende gegen den Hebel N, welcher die Klinke K hebt und dadurch das Schaltrad B freigiebt. Das Geldstück trifft alsdann gegen einen der Zähne des Schaltrades und dreht dasselbe um eine Teilung weiter. Darauf fällt das Geldstück in die Schublade T, und man kann den Handgriff in seine Anfangsstellung zurückführen.

Das Hemmwerk, mit welchem der Zähler versehen ist, besteht aus einem Anker c, auf welchem ein Stift d einwirkt, der auf einer von dem Uhrwerk angetriebenen Scheibe e be-



festigt ist. Der um f drehbare Anker c ist durch einen Hebel g mit einem Stift h verbunden, der auf der von dem Elektrizitätszähler in Umdrehung versetzten Scheibe i angebracht ist. Bei jeder Umdrehung dieser Scheibe wird dem Anker c eine doppelte schwingende Bewegung erteilt, so dass der Stift d

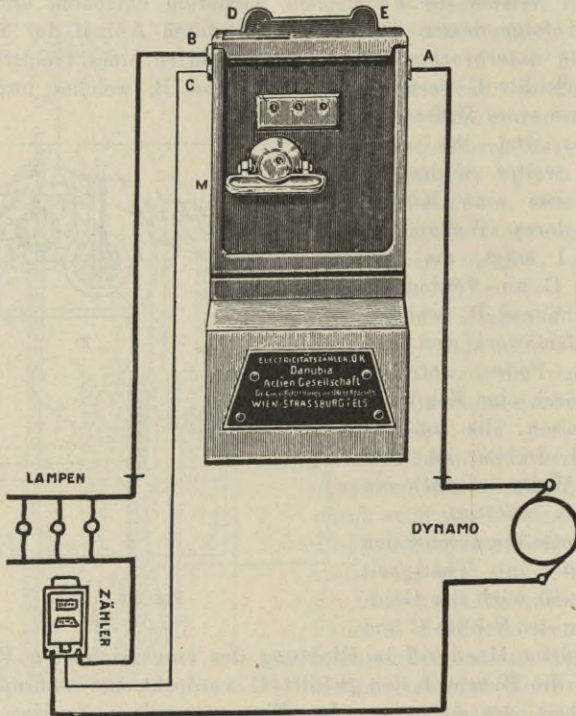


Fig. 314.

unter dem Einflusse des Uhrwerkes freigegeben wird. Die Scheibe e macht infolge dessen ebenfalls eine Umdrehung, die treibende Feder wird entsprechend entspannt und unterbricht wieder den Strom.

In ähnlicher Weise ist der Elektrizitätszählerautomat der Danubia A. G. eingerichtet, bei dem jedoch Automat und Zähler getrennt installiert werden können, da die Entspannung

der Feder und Stromunterbrechung durch das Uhrwerk des Zählers vermittelt eines elektrischen Relais erfolgt. Den Automaten und seine Schaltung zeigt Fig. 314. Nach Einwurf eines Geldstückes bei D dreht man den Schlüssel M in der Richtung von links nach rechts und wieder zurück. Infolgedessen wird ein Stromschluss im Unterbrecher herbeigeführt und nach Verbrauch einer dem eingeworfenen Geldstück entsprechenden Elektrizitätsmenge wird der Unterbrecher durch den Zähler in Thätigkeit gesetzt, somit der Strom unterbrochen.

Da jedem Einwurf eine ganz bestimmte Elektrizitätsmenge entspricht, ist klar, dass man durch Einwurf mehrerer Geldstücke (einzeln, nach vorbeschriebener Art) die gewünschten Elektrizitätsmengen entsprechend vergrößert. Es wird aber unter Hinweis auf die kleinen hinter dem Griff sichtbar werdende Zahl von 0—10 darauf aufmerksam gemacht, dass nur höchstens 10 Geldstücke nacheinander eingeworfen werden können, bezw. nur so viele, als die Differenz der sichtbaren Zahl bis 10 beträgt, indem diese Zahlen die noch zur Verfügung stehende Elektrizitätsmenge angeben. Das oberhalb des Griffes sich befindliche Zählwerk summiert automatisch fortlaufend die Zahl aller eingeworfenen Geldstücke und dient zur Kontrolle des Geldbehälters und zum Vergleich des Zählers.

Für Thomsonzähler werden von der British Thomson-Houston Co.\*) Einrichtungen für Vorausbezahlungen des Stromes angewendet, welche von P. Cox\*\*) und E. Allo\*\*\*) herrühren. Bei diesen Apparaten wird durch das eingeworfene Geldstück ein Nebenschlussstrom geschlossen, welcher das Geldstück durchfließt und ein Relais in Thätigkeit setzt, das wiederum den Zähler beeinflusst.

Von der grossen Zahl Zählerautomaten sei hier nur noch ein auf der Wärmewirkung des Stromes beruhender Apparat erwähnt. Er ist in Fig. 315 dargestellt. Das Geldstück wird durch den Schlitz 27 eingeworfen und gleitet zwischen den Backen 28 hindurch auf die Gleitbahn 30. Es bleibt zunächst vor den Bürsten 35 und 36 liegen, wo man es von aussen durch ein Fensterchen sehen kann, und schliesst dabei den Hauptstrom. Die Messvorrichtung besteht aus den beiden

---

\*) s. Écl. él. Bd. 21 S. 297 (Armagnat, Compteurs).

\*\*) E. P. 21044.

\*\*\*) E. P. 21048.



durch die Röhre 23 verbundenen Hohlkugeln 3. Diese enthalten die Hitzdrähte und sind mit Alkohol gefüllt. Die Röhre sitzt an dem Hebel 44, der sich um den Punkt 23 dreht und ist so aufgehängt, dass immer die gefülltere Kugel auf einem der beiden Kontakte 26 aufliegt. Wenn der Haupt-

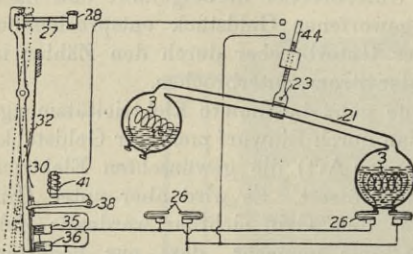


Fig. 315.

strom geschlossen ist, destilliert aus ihr Alkohol in die andere über, kondensiert sich dort, und sobald diese das Übergewicht erlangt, schlägt das Hebelsystem nach der anderen Seite um und schliesst momentan den Stromkreis des Elektromagneten 41, der nun die Klinke 38 anhebt. Da-

durch wird die bewegliche Gleitbahn zurückgestossen, dem Geldstück sein Stützpunkt geraubt und die Stromlieferung unterbrochen.\*)

Soames et Crawley\*\*) benutzen statt des Alkohols Quecksilber, welches von einer Kugel zur anderen destilliert wird.

An allen Automaten sind natürlich auch alle die Vorrichtungen anzubringen, welche das Einwerfen falscher Geldstücke verhüten sollen. Die Konstruktion muss ferner so angeordnet sein, dass die Möglichkeit mit einem an einen Faden angehängten Geldstück Stromschluss herbeizuführen und dieses wieder zurückzuziehen ausgeschlossen ist.

Elektrizitätszählerautomaten eignen sich ganz besonders für kleine Installationen, die nach Art der Gasautomaten, gratis eingerichtet werden und sich durch den höheren Strompreis in kürzester Zeit amortisieren.

\*) s. Z. f. B. 1902 Heft 10.

\*\*) s. Écl. él. Bd. 21 S. 298 (Armagnat, Compteurs). F. P. 30 020.

## E. Allgemeine Konstruktionsdetails. Messtransformatoren.

Zweckmässigkeit der Wahl bestimmter Stromstufen. Die ausserordentlichen Schwierigkeiten bei der Aichung der Zähler in Prüfämtern, die durch die grosse Zahl verschiedener Typen bedingt sind, werden noch dadurch erhöht, dass die Zahl der Stromstufen, für welche die Zähler deklariert werden, eine sehr grosse ist. Bereits der Elektrotechniker-Kongress in Wien 1899 hat es für wünschenswert erachtet\*), dass die Zahl der Stromstufen der Elektrizitätszähler verringert werde. Es wurden damals von Dr. J. Sahulka Stromstufen vorgeschlagen, welche analog den Bestimmungen für die im Verkehr zulässigen Gewichte dekadische Vielfache oder Bruchteile von 1, 2, 5 Ampère sein sollten. V. Bläthy schlug als Stromstufen 1, 3, 5, 10, 30, 50, 75, 100 Ampère vor.

In Deutschland werden die Stromstufen bei fast allen Fabriken verschieden gewählt. Häufig begegnet man in den niederen Werten bis ca. 15 Ampère Stromstufen von  $2\frac{1}{2}$  zu  $2\frac{1}{2}$  Ampère, für die höheren Werte werden vielfache von 5 Ampère bis ca. 40 Ampère als Stromstufen deklariert. Andere Fabriken haben eine Skala 6, 15, 30, 50, 75, 100 u. s. f. Ampère eingeführt. Die Zulässigkeit solcher Sprünge hängt jedoch von der Konstruktion und dem Prinzipie des Zählers ab. Besitzt der Zähler bei jeder Belastung ungefähr gleiche Genauigkeit, so sind grosse Sprünge in den Stromstufen zulässig; ist jedoch die Genauigkeit, wenn auch nur in geringem Masse, von der Belastung abhängig, müssen die Stromstufen enger gewählt werden.

Immerhin wäre im Interesse der Einfachheit der Aichungen im Grossen in Prüfämtern eine allgemeine Festsetzung bestimmter Stromstufen wünschenswert.

Konstruktionen für geringe und sehr hohe Ströme und Spannungen. Zähler für kleine Stromstärken werden, wo es die Konstruktion erlaubt, einpolig ausgeführt; dies gilt insbesondere für Motor- und oszillierende Zähler. In Fig. 316

\*) Z. f. E. 1899 No. 25 u. 26.



ist ein solcher einpoliger Zähler der Luxschen Industriewerke abgebildet. Fig. 317 zeigt einen einpoligen oszillierenden Gleichstromzähler der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft.

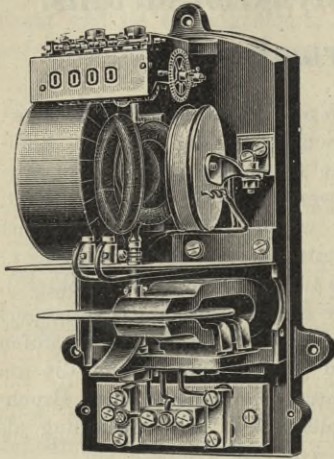


Fig. 316.

Man erzielt hierdurch einen gedrängteren Bau, der Apparat wird billiger, was für Installationen mit nur kleiner Kapazität wegen der Zählermiete bedeutend ins Gewicht fällt.

Übersteigt hingegen die Stromstärke eine gewisse Grenze, so wendet man vorteilhaft Nebenschlüsse an, so dass nur ein bekannter Teil des Hauptstromes das Instrument durchfließt. Wegen des Einflusses, welchen die von so starken Strömen durchflossenen Leitungen auf den Zähler ausüben können, werden

oft, wie bereits früher schon erwähnt, die Zähler astatisch konstruiert. Ein solcher Zähler ist in Fig. 102 u. 103 abgebildet.

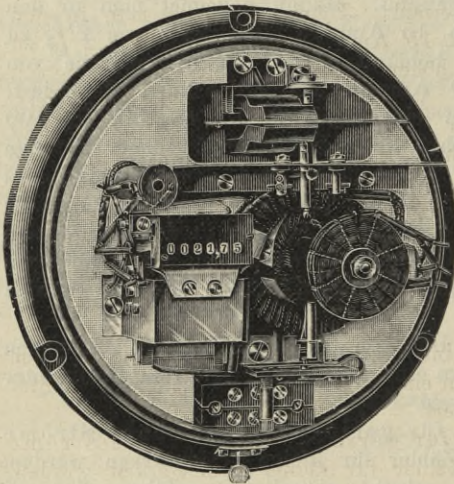


Fig. 317.

Bei Wechselstrom verwendet man zweckmässig statt der Nebenschlusswiderstände sogenannte Stromtransformatoren, die den zu messenden Strom nach einem bekannten Verhältnis in einen schwächeren umwandeln.

Um aber überhaupt Transformatoren anwenden zu können, muss man sicher sein, dass sie die Messgeräte nicht etwa verschlechtern. Diese Bedingung wird bei

Stromtransformatoren meist nicht erfüllt. Man bekommt für Induktionszähler eine grössere Abhängigkeit von der Periodenzahl und gerade bei hohen Stromstärken eine empfindliche Beeinflussung durch die in der Nähe vorbeifliessenden Starkströme.

Bei dynamometrischen Zählern beeinflusst die Periodenzahl allerdings die Angaben nicht, jedoch bleibt ohne besondere Hilfsmittel die Phasenverschiebung zwischen primärem Strom und Spannung und Messstrom und Spannung nicht dieselbe, wodurch die Zähler-

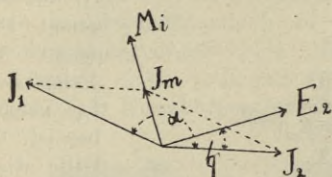


Fig. 318.

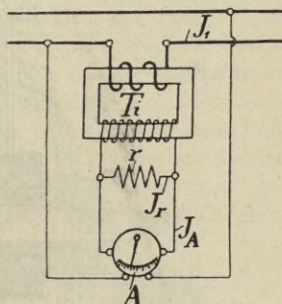


Fig. 319.

angaben falsch werden. Dies geht aus dem Diagramm Fig. 318 hervor. Der Primärstrom  $I_1$  zerfällt in zwei Komponenten, den zur Erzeugung des Transformatorfeldes  $M_i$  dienenden Magnetisierungsstrom  $I_m$  und den durch die Stromspule des Zählers fließenden Sekundärstrom  $I_2$ . Da die Stromspule etwas Selbstinduktion besitzt, ist der Strom  $I_2$  gegen die E. M. K.  $E_2$  des Transformators um den Winkel  $\varphi$  ver-

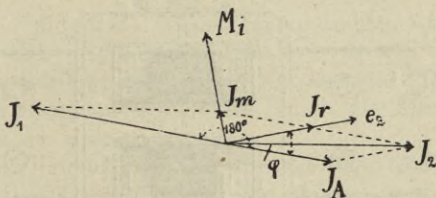


Fig. 320.

schoben. Primär- und Sekundärstrom haben also eine Phasenverschiebung  $\alpha$ , ohne deren Berücksichtigung die Energien falsch gemessen werden würden.

Siemens & Halske A.-G. haben Einrichtungen angegeben, welche gestatten, bei Stromtransformatoren den Sekundärstrom  $I_2$  um genau  $180^\circ$  zu verschieben<sup>\*)</sup>. Eine

<sup>\*)</sup> D. R. P. No. 108996.



dieser Schaltungen ist in Fig. 319 dargestellt. Man schaltet zu dem als Zähler gedachten Instrument A einen induktionsfreien Widerstand  $r$ , so ergibt sich bei passender Wahl des Widerstandes das Diagramm Fig. 320. Der Sekundärstrom  $I_2$  setzt sich jetzt aus zwei Komponenten zusammen, nämlich aus

dem Strom  $I_r$  im Widerstande  $r$  und dem Strom  $I_A$  im Zähler A, der jetzt genau  $180^\circ$  gegen den Primärstrom  $I_A$  verschoben ist. Mit Hilfe dieser Anordnung werden die Angaben des Zählers unabhängig von der Phasenverschiebung im Stromtransformator. Im allgemeinen ist die durch die Selbstinduktion der Spulen des Zählers hervorgerufene Phasen-

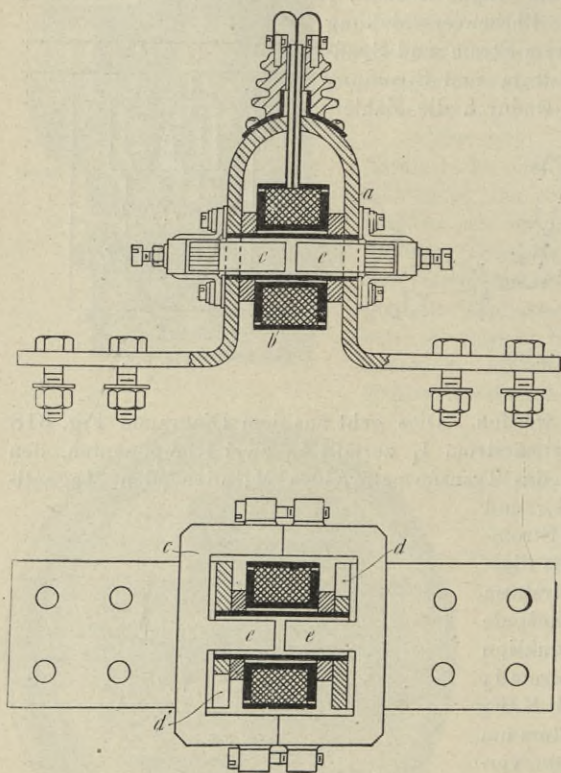


Fig. 321.

verschiebung  $\varphi$  genügend gross, anderenfalls kann sie durch Vorschaltung einer geeigneten Induktionsspule auf das gewünschte Mass gebracht werden.

Statt den induktionsfreien Widerstand zum Zähler A parallel zu schalten, kann man auch eine zweite Sekundärwicklung auf den Transformator aufbringen, die nur wenige

Windungen enthält und durch einen passenden Widerstand etwa in Form eines Drahtstückes geschlossen wird. Der Erfolg ist hierbei der gleiche.

Für Induktionszähler spielt die Phasenungleichheit des Primär- und Sekundärstromes nur eine geringe Rolle, da die beiden wirksamen Felder doch auf eine Phasendifferenz von  $90^0$  abgeglichen werden müssen.

In Fig. 321 ist ein Stromtransformator der Firma Siemens & Halske A.-G. dargestellt. \*) Die äussere Beeinflussung die sich bei Transformatoren für hohe Stromstärken bemerkbar macht, wird dadurch beseitigt, dass die Windungsebene der Sekundärspule *b* zu der der primären Stromschleife *a* senkrecht angeordnet wird. Die Vermittelung zwischen beiden wird durch einen vollkommen geschlossenen Eisenkörper gebildet. Der Eisenkörper besteht aus zwei E-förmigen Teilen *c*,

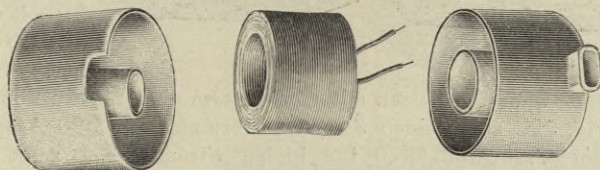


Fig. 322.

deren mittlere Stege *e e* die runde Sekundärspule tragen, während sie das Material der primären Stromschleife parallel zu deren Windungsebene scheinbar gleichmässig durchsetzen. Der Strom fliesst also gleichmässig an den beiden Seiten der Eisenkerne vorüber, ohne sie zu magnetisieren.

Drängt man jedoch durch passende Einschnitte *dd* den Strom von der einen Seite immer mehr auf die andere, so wird eine Magnetisierung hervorgerufen, die der Differenzwirkung beider Stromteile proportional ist. — Diese Wirkung kann man durch Vertiefung der Einschnitte beliebig verstärken, bis man für einen bis in die Mitte reichenden Einschnitt das Maximum erhält. Es lassen sich auf diese Weise Bruchteile einer Windung nutzbar machen.

Dieser Transformator zeigt keine Beeinflussung von aussen, weil auf die Sekundärspule nur Kraftlinien wirken können, die

\*) F. Schrottke. E. T. Z. 1901 Heft 33.



durch die mittleren Stege *e e* gehen. Diese können jedoch nur durch innerhalb des geschlossenen Eisenkörpers vorhandene Ströme erzeugt werden.

Die Isolation der Sekundärwicklung dieser Stromtransformatoren geschieht nach der Angabe von Schrader in der

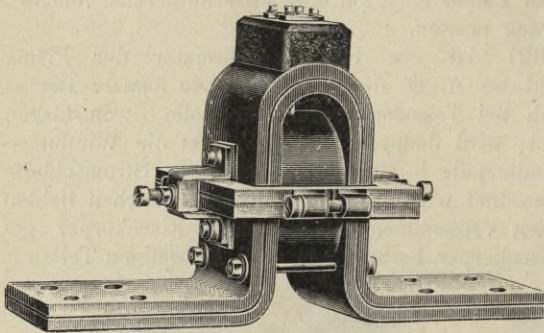


Fig. 323.

Weise, dass die auf einer Schablone hergestellte Sekundärwicklung in zwei einander passende Ringgefäße (Fig. 322) eingekapselt wird. Die so isolierte Spule

hält selbst ohne Vergiessen mit Isoliermasse über 20 000 Volt aus.

Fig. 323 zeigt einen Stromtransformator für 300 Amp.

Bei Transformatoren für kleine Stromstärken zeigt sich kaum eine Beeinflussung, wenn man geschlossenes Eisen wählt.

Fig. 324 zeigt einen kleineren Stromtransformator der Union E. G.

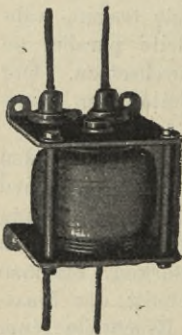


Fig. 324.

Die Spannungsspulen der Zähler werden niemals direkt an die Betriebsspannung angelegt, sondern man schaltet ihnen Widerstände vor. Bei Zählern bis ca. 500 Volt Spannung werden diese Widerstände im Inneren der Zähler untergebracht. Für höhere Spannungen, wie sie fast ausschliesslich nur in Wechsel- und Drehstromnetzen verwendet werden, benutzt man Zusatzdrosselspulen, welche in besonderen Dosen untergebracht sind, oder Spannungstransformatoren, um die Höchstspannung vom Apparat und Schaltbrett fern zu halten.

Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft montiert die Zähler mit Drosselspulen, welche erstere in allen seinen Teilen mit Glimmer isoliert sind, auf Marmorplatten, welche

mittelst Hochspannungsisolatoren (Fig. 325) an der Wand befestigt werden. Fig. 326 zeigen Drosselspulen der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Fig. 327 u. 328 sind Zusatzspulen für eine Mehrspannung bis zu 1000 Volt der Union E. G.

Bei Verwendung von Spannungstransformatoren für elektrodynamische Zähler stösst man auf dieselben

Schwierigkeiten, wie bei den Stromtransformatoren. Durch Anordnung geeigneter Nebenschlüsse und induktiver Vorschaltwiderstände zur Spannungsspule kann jedoch auch hier die Phasengleichheit zwischen primärer und sekundärer Spannung erzielt werden.\*)

Die Hauptaufgabe bei Konstruktion der Spannungstransformatoren besteht darin, die Isolation so

vollkommen zu machen, dass ein Übertritt der Hochspannung zum Zähler selbst absolut ausgeschlossen ist, dass also der Trans-

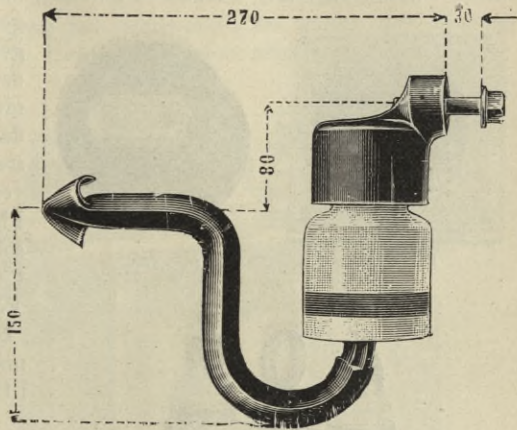


Fig. 325.

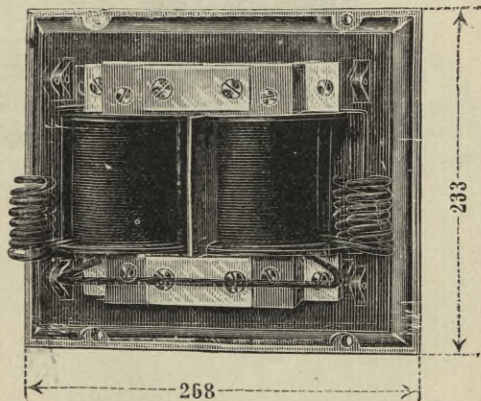


Fig. 326.

\*) s. D. R. P. No. 108996 (Siemens & Halske).



formator auch einen wirklichen und sicheren Schutz gegen die Hochspannung bietet.

Siemens & Halske A.-G. verwendet aus diesem Grunde soweit irgend angängig Porzellanisolierung, da nach den bisher

gemachten Erfahrungen gutes Porzellan das einzige technische Material ist, das selbst den höchsten Spannungen unverändert Stand hält.

Fig. 329 zeigt einen solchen Transformator für 10 000 : 120 Volt, Fig. 330 ist ein Drehstromtransformator für 15 000 : 120 Volt.

Bei allen diesen Transformatoren ist die Hochspannungsspule nicht nur auf einen Porzellananker gewickelt, sondern auch vollständig in Porzellan eingekapselt. Durch Ausfüllung der Zwischenräume mit einer geeigneten Isoliermasse im Vakuum bilden Spule und Mantel ein unzertrennbares Ganze, dessen Isolation eine vorzügliche ist. In Fig. 331 sind die Spulen in verschiedenen Grössen

für Spannungen von 3000, 12000 und 24000 Volt dargestellt.

Fig. 332 zeigt eine Ansicht der Spannungstransformatoren der Union E. G.

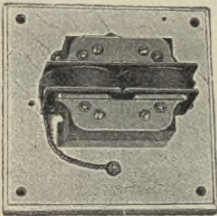


Fig. 327.



Fig. 328.

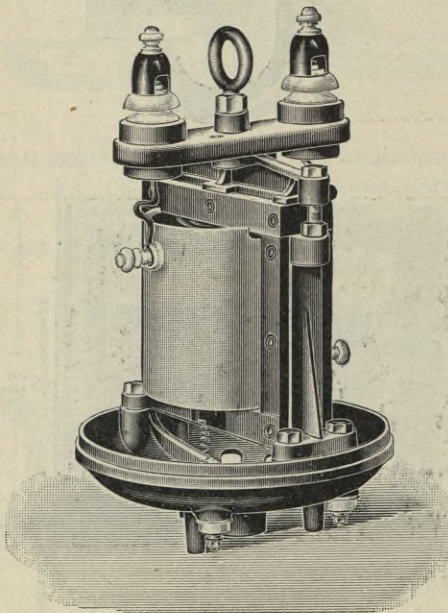


Fig. 329.

Statt die Zwischenräume der Wicklung mit Isoliermasse auszugießen, wird vielfach eine Ölisolation verwendet, welche indessen eine grössere Bedienung erfordert.

Die Zählwerke. Die meisten Verbrauchsmesser übertragen ihre Bewegung auf Zählwerke, an denen der Konsum direkt in Kilo- oder Hektowattstunden abgelesen wird.

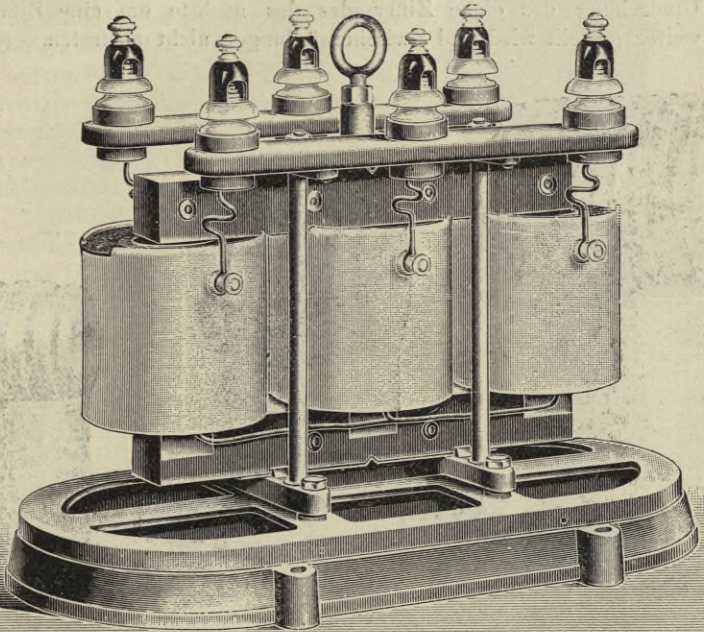


Fig. 330.

Es kommen fast ausschliesslich zwei Arten von Zählwerken zur Anwendung, Zählwerke mit Zeigerablesung und Zählwerke mit springenden Ziffern. Die ersteren bestehen aus einer Anzahl Wellen, welche die über dem Zifferblatt spielenden Zeiger tragen und deren erste von dem beweglichen Teile des Zählers durch passende Übersetzung angetrieben wird. Das



Übersetzungsverhältnis der Wellen untereinander ist 1:10, so dass jeder Zeiger ein dekadisches Vielfaches des ersten anzeigt. Erfolgt die Übersetzung von Welle zu Welle direkt, so drehen sich die Zeiger abwechselnd rechts und links (s. Fig. 333) und man muss beim Ablesen erhöhte Aufmerksamkeit anwenden.

Zählwerke mit springenden Ziffern (Fig. 334) bieten zu unrichtigen Ablesungen keinen Anlass, da nach der vollständigen Umdrehung des einen Zifferrades das nächste um eine Ziffer weiter gestellt wird und Zwischenstellungen nicht auftreten.

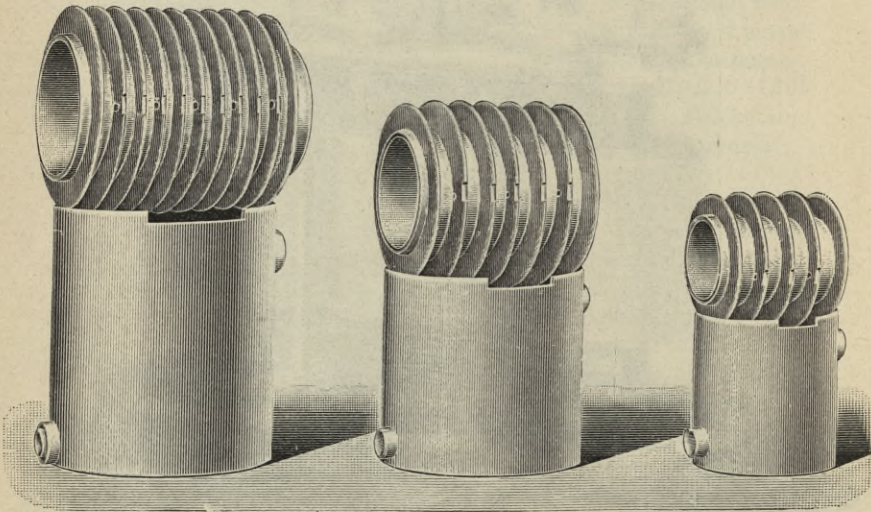


Fig. 331.

Zwecks einer späteren einfacheren Aichung ist es wünschenswert, dass der Einheitswert des letzten Zifferblattes des Registrierwerks möglichst klein ist. Die Zeiger für diese Zifferblätter werden oft, wie bei den Aronzählern nur bei der Aichung aufgesetzt.

Zifferblätter und Zahlen, welche Dezimalen der Verbrauchseinheit angeben, werden praktisch in roter Farbe angefertigt. Das Zifferblatt soll schliesslich noch Angaben über Masseinheit und Messbereich des Zählers, Polwechselzahl und Verteilungssystem enthalten.

Die Gehäuse. Die wirksamen Teile der Zähler werden von Gehäusen umgeben, die eine Berührung des Mechanismus und das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit verhüten sollen. Dieselben werden aus Eisen, Holz, Zinkblech oder Papier hergestellt. Eisengehäuse sind stets mit einiger Vorsicht anzuwenden, da durch sie Ungenauigkeiten in den Angaben des Zählers auftreten können. Holz- und Papiergehäuse haben den Vorteil, weniger empfindlich gegen Stösse und dergleichen zu sein. Am meisten in Anwendung sind Schutzkästen aus schwarzlackiertem Blech.

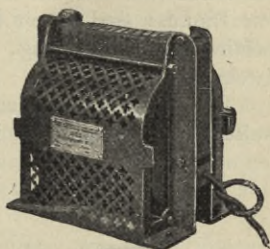


Fig. 332.

Bei Zählern mit eleganterer Ausstattung werden die polierten und vernickelten Metallteile von einem Glasgehäuse umgeben.

Ausser der mit Glas verschlossenen Einsichtsöffnung für

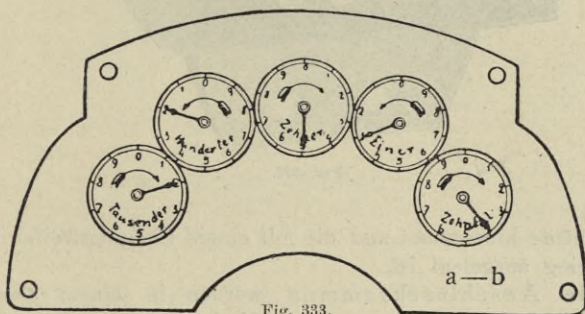


Fig. 333.

das Zählwerk besitzen die Kappen kleine Fenster, welche das Arbeiten des Zählers zu beobachten gestatten.

Die Befestigung der Gehäuse auf der Grundplatte des Zählers muss so geschehen, dass eine Bleiplombe angelegt werden kann, welche ein Öffnen des Zählers von unbefugter Hand sofort erkennen lässt. Das Gehäuse oder ein auf demselben angebrachtes, von aussen nicht abnehmbares Schild enthält schliesslich noch alle die notwendigen Angaben, welche auf dem Zifferblatt nicht Platz finden konnten, es sind dies Firma



und Wohnort des Verfertigers oder dessen eingetragenes Fabrikzeichen, die laufende Fabrikationsnummer und die Apparategattung und Stromart (z. B. Drehstromzähler), sowie, falls diese Umstände auf die Richtigkeit der Angaben der Instrumente von Einfluss sind, auch die Belastungsart (z. B. Zähler für induktionsfreie Belastung, Drehstromzähler für gleich belastete Zweige).\*)

Die Abdichtung der Kappe gegen Staub und dergl. wird meist durch eine Nut in der Rückplatte bewirkt, in welche

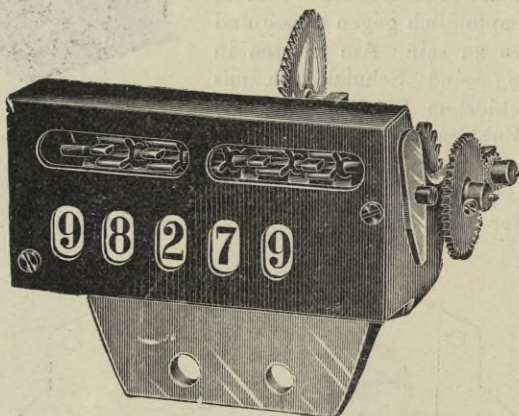


Fig. 334.

das Gehäuse hineinpasst und die mit einem Chenillestreifen oder Gummiring ausgelegt ist.

Die Anschlussklemmen werden in einem ebenfalls plombierfähigen Gehäuse so angeordnet, dass die Befestigung der Stromzuführungsdrähte ohne Schwierigkeit erfolgen kann.

Die Stromzuführungen von den Klemmen in das Innere des Apparates sollen durch starke Weichgummirohre etc. abgedichtet werden, um das Eindringen von Staub in den Zähler sicher auszuschliessen.

Die Verbindungsstellen zwischen Strom- und Spannungskreisen sollen stets an den Klemmen ausgeführt sein und zwar durch Verschraubung aber niemals durch Verlötung, damit für

\*) s. § 11 der Prüfordnung für elektrische Messgeräte.

die Aichung die Trennung der Stromkreise ohne Schwierigkeit erfolgen kann.

Sind Zähler für die Schalttafeln in Zentralen bestimmt, so werden die Stromanschlüsse mit nach hinten liegenden Anschlussbolzen ausgeführt, so dass der Apparat, wenn noch seine Form zweckmässig gewählt ist, im Äusseren den üblichen Schalttafelinstrumenten gleicht.

Wünschenswert wäre ferner, wenn sich die Zählerfabrikannten zu einer grösstmöglichen Reduzierung der Anschlusschraubenstärken verstehen würden, damit bei den Prüfungen das mit passenden Kabelschuhen versehene Drahtmaterial kein zu umfangreiches wird.

Für Zähler deren exaktes Arbeiten von der genauen vertikalen Aufhängung abhängt, ist die Anbringung eines Lotes im oder am Zähler notwendig.



# Dritter Teil.

## Prüfung der Elektrizitätszähler.

### A. Prüfung während der Fabrikation.

Wohl kein in der praktischen Elektrotechnik benutzter Apparat ist gegen nicht exakte Ausführung der einzelnen Teile empfindlicher als der Elektrizitätszähler. Dies liegt in den sich wie schon erwähnt zum Teil widersprechenden Anforderungen, welche Theorie und Praxis an diese Apparate stellen.

Bevor daher zur eigentlichen Justierung und Aichung der Zähler geschritten wird, ist eine eingehende mechanische und elektrische Prüfung aller einzelnen Teile vor und nach dem Zusammenbau erforderlich. Die mechanische Prüfung umfasst alle diejenigen Untersuchungen, welche über Festigkeit, richtige Ausführung der einzelnen Teile und korrekten Gang etwa mechanisch angetriebener Vorrichtungen, wie Uhrwerke, Aufschluss geben. Über die Art der Prüfung muss natürlich von Fall zu Fall, der Konstruktion des Zählers entsprechend, entschieden werden. Im Nachfolgenden soll daher nur auf die in Deutschland und Österreich gebräuchlichsten Zählertypen, die Pendelzähler, Motorzähler und oscillierenden Zähler Rücksicht genommen werden.

Im allgemeinen gilt, was die Reihenfolge der Prüfung anlangt, bei der Fabrikation die Regel, dass alle Zählerteile sofort nach Fertigstellung geprüft werden, bevor ihr Einbau beginnt. Hierbei erstreckt sich die mechanische Prüfung vor allem auf Nachprüfung, ob alles, wie die Zeichnung und sonstigen Werkstattangaben es erfordern, ausgeführt ist.

Bei Pendelzählern der Aron'schen Konstruktion wird der ordnungsmässige Gang der Pendel in folgender Weise untersucht. Die Zähler werden bei Leerlauf mindestens 24 Stunden

daraufhin beobachtet, dass die beiden Pendel schwingen, dass dieselben weder am Werkstuhl, noch an den Pendelanschlägen prellen, noch dass die Ankerpalletten auf dem Steigradkranz aufschlagen. Ausserdem ist darauf zu sehen, dass der Abfall beider Pendel nach beiden Seiten gleich ist; hiervon überzeugt man sich am besten, wenn man einen Schraubenzieher gegen die vordere Werkplatine anlegt, da, wo dieselbe am Werkstuhl befestigt ist, und mit dem Schaft des Schraubenziehers sich die Ohrmuschel zuhält. Alsdann muss man einen gleichmässigen Ton hören; das Ticken der Pendel muss nach beiden Schwingungsseiten gleichmässig lang sein. Wenn die Pendel prellen ist das Geräusch unregelmässig. Der Abfall der Pendel wird dadurch reguliert, dass man gegebenenfalls den Anker auf seiner Welle verdreht, so dass die Paletten gleichmässig tief auf beiden Seiten des Steigrades eingreifen. Falls die Pendel prellen sollten, so muss für Abhilfe gesorgt werden. Schliesslich ist darauf zu achten, dass die Umschaltvorrichtung ordnungsmässig arbeitet, falls dieselbe Fehler macht, so entstehen Leerlaufabweichungen und es ist dann am besten, weil dieselben meistens durch Klemmungen und dergleichen verursacht werden, dass man das ganze Werk reinigt.

Bei Motorzählern werden vor dem Einbau vor allem die Lager und der Anker einer eingehenden Prüfung unterworfen. Die Pfannen der Fusslager werden durch Befühlen mit einer scharfen Nadel daraufhin untersucht, ob etwa Sprünge oder Politurfehler im Lagerstein vorhanden sind.

Hinsichtlich der Anker muss in erster Linie darauf gesehen werden, dass dieselben vollkommen zentrisch auf der Achse sitzen. Bei den elektrodynamischen Motorzählern ist, wenn die Kollektoren aufgesetzt sind daraufhin zu prüfen, ob etwa zwischen zwei Lamellen oder in einer Spule Kurzschluss vorhanden ist. Dies wird in der Weise gemacht, dass, nachdem am Kollektor die normale Spannung durch Andrücken von zwei einander gegenüberliegenden Bürsten konstatiert ist, die Spannung zwischen je zwei Kollektorlamellen mit einem Millivoltmeter gemessen wird. Die hierbei gefundenen Werte müssen einander annähernd gleich sein.

Alle in den Zählern zur Verwendung gelangenden Spulen werden vor dem Einbau zwecks Prüfung meist auf einen lamelliertem Eisenkern gesteckt, welcher durch eine Spule mit Wechselstrom so hoch induziert wird, bis eine verhältnismässig



hohe, die Gebrauchsspannung mehrfach übersteigende Spannung an den Enden der zu prüfenden Spule auftritt. Die Spannung der letzteren misst man am besten mit statischem Voltmesser.

Schliesslich bedürfen vor der Verwendung noch die Zählwerke einer Kontrolle. Sie werden obwohl ihnen bereits bei der Herstellung schon besondere Sorgfalt durch gute Politur der Drehzapfen u. s. w. gewidmet wird, nochmals daraufhin untersucht, ob die Räder bezw. Zapfen die notwendige Luft — Spiel — und das notwendige Öl haben.

Sind alle Teile des Zählers zusammengebaut, so wird man gut thun, noch mittelst Galvanoskops zu suchen, ob der Zähler etwa Körperschluss hat. Man legt zu diesem Zwecke das Galvanoskop mit einem Pol am besten an eine der meist messingenen Befestigungsschrauben der Schutzkappe, mit dem anderen an die Stromzuführungsklemmen, an welche auch die Prüfbatterie angeschlossen ist. Ist der Zähler bei dieser Prüfung für gut befunden worden, so kann man zur Justierung und Aichung schreiten.

## **B. Aicheinrichtungen für Elektrizitätszähler.**

Während die einzelnen Fabriken ihre Aicheinrichtungen entsprechend der von ihnen fabrizierten Zählertype treffen, jene also auch wegen der meist geringeren Zahl zu untersuchender Apparate verhältnismässig einfach sein können, müssen die Einrichtungen der für die amtliche Prüfung bestimmten Prüfämter nicht nur die Aichung der Zähler in grossem Umfange, sondern auch der verschiedensten Typen zulassen.

Es erscheint daher überflüssig, auf die speziellen in einigen Fabriken getroffenen Aicheinrichtungen besonders einzugehen, vielmehr sollen diese Einrichtungen, soweit sie allgemeines Interesse haben, im Zusammenhange mit denen der bereits vorhandenen amtlichen Prüfstellen und zu errichtenden Prüfämtern besprochen werden.

### **1. Energiequellen und Schaltung.**

Für Gleichstrom. Die Wahl der maschinellen Anlage hängt vor allem davon ab, wieviel Apparate jährlich geächt

werden sollen, weiter aber von den Stromstärken und Spannungen, bis zu welchen die Aichungen ausgedehnt werden sollen.

Für Gleichstrom kommen als Stromquellen lediglich Akkumulatoren in Betracht.

Der Strom für die Hauptstromspulen wird, um bei der Aichung an Energie zu sparen, besonderen Niederspannungsbatterien entnommen, deren Spannung in den Fabriklaboratorien meist 4 Volt, in den öffentlichen Prüffämtern bis zu 10 Volt beträgt. Während für erstere stets eine Batterie genügen wird, da die Benutzung derselben nur zeitweise stattfindet, sind für die Prüffämter mindestens zwei Niederspannungsbatterien nach den: Vorschriften für die Ausrüstung der elektrischen Prüffämter\*) vorgeschrieben, damit stets eine derselben zum Gebrauche bereit steht, wenn die zweite geladen wird. Diese Batterien können nun entweder aus fünf in Serie geschalteten Zellen von einer den beabsichtigten höchsten Aichstrom entsprechenden Grösse bestehen oder aus einer Anzahl umschaltbarer Reihen von z. B. je fünf kleineren Elementen, welche in Parallelschaltung die erforderliche Stromstärke zu liefern im Stande sind. Das letztere hat den Vorteil, dass, da in der Regel nur Ströme bis ca. 50 Ampère erforderlich sind, eine grössere Anzahl unabhängiger Batterien zur Aichung in den verschiedenen Laboratorien zur Verfügung steht.

Für die in Nebenschluss geschalteten Stromzweige der Elektrizitätszähler ist eine Batterie erforderlich, welche gleichzeitig zur Stromabgabe für mehrere Laboratorien verwendbar ist, weil die für diese Stromzweige erforderlichen Ströme schwach sind und daher der Spannungsverlust, welchen die in die Laboratorien führenden Leitungen verursachen, nur gering ist, wenn die Leitungen hinreichend stark gewählt werden. Die Batterie muss aus Teilbatterien bestehen, welche mit entsprechenden Anschlüssen versehen sind, so dass stufenweise die erforderlichen Aichspannungen hergestellt werden können.

Diese Teilbatterien sollen dieselbe Ladespannung wie die Hauptstrombatterien erfordern, damit sie von demselben Generator bezw. durch Strom aus dem Strassennetze geladen werden können. Eine der Batterien muss mit einem Zellen-schalter versehen sein, damit eine Regulierung beim Laden vor-

---

\*) Herausgegeben von der physikalisch-technischen Reichsanstalt, Berlin, Springer 1902.



genommen werden kann. Der Zellschalter ist aber auch schon deshalb wünschenswert bei wenigstens einer Teilbatterie, um die für die Zähler erforderliche Spannung genauer einregulieren zu können, ohne dass in der zur Regulierung so wie so vorgeschalteten Widerständen ein grösserer Effekt als unbedingt nötig verbraucht wird.

Die Umschaltung der Starkstrombatterien geschieht durch Quecksilberumschalter. Diese sind folgendermassen eingerichtet: Aus dem Akkulatorenraume führen Leitungen zu einer An-

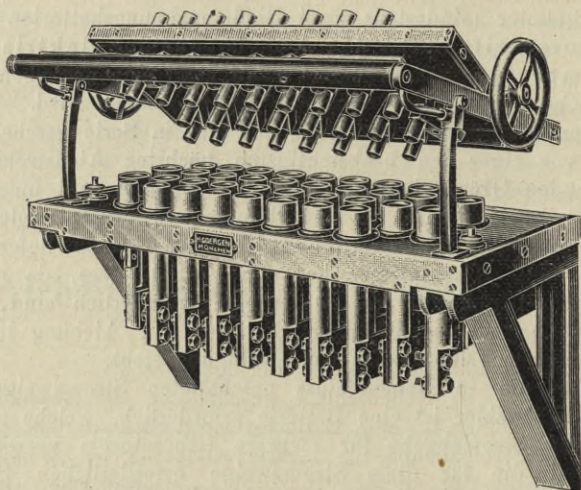


Fig. 335.

zahl eiserner oder aus Kupfer gedrehter und vernickelter Quecksilbernäpfe, welche in einer Platte aus isolierendem Material wie Stabilit oder Marmor befestigt sind. In eine zweite Platte aus Isolationsmasse sind Kupferverbindungen eingepresst, welche von oben sichtbar sein sollen und durch eine Hebelvorrichtung oder dergleichen in jene Näpfe herabgesenkt werden können. Soll die Umschaltung vorgenommen werden, so wird die Schaltplatte mit Hilfe der Vorrichtung gehoben, durch ein an ihrer Tragachse befindliches Handrad umgedreht und alsdann wieder herabgelassen. Fig. 335 zeigt einen Quecksilberumschalter der Firma Max Goergen in München mit aus Kupfer gedrehten Quecksilbernäpfen und Hebelvorrichtung. Diese Schaltvorrich-

tungen sind im Laboratorium der Münchener Electricitätswerke, der Normalaichungskommission in Wien und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eingeführt und haben sich schon

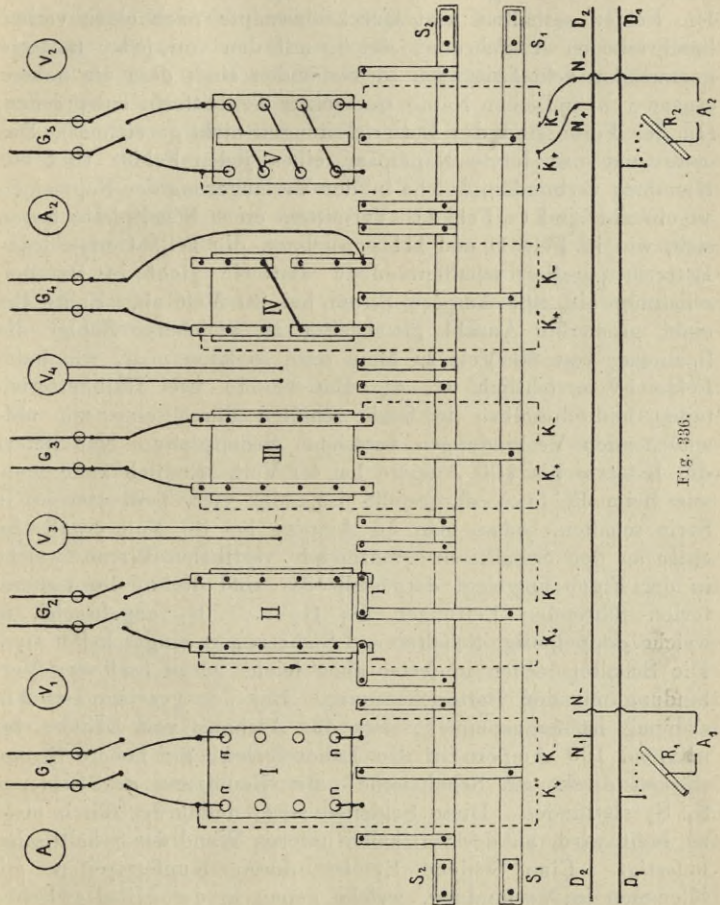


Fig. 336.

mehrere Jahre gut bewährt, und es hat das Quecksilber an denselben keinerlei nachteilige Wirkungen ausgeübt.

Fig. 336 stellt eine Schaltvorrichtung für fünf Batterien à 40 Elemente von 50 Ampère maximaler Entladestromstärke



und 150 Ampèrestunden Kapazität dar. \*) Jede Batterie sei in vier Teilbatterien à 10 Elemente geteilt, und es entspreche einer jeden Batterie auf dem Schalttische ein horizontales Feld, welches in der Figur bezw. I II III IV V bezeichnet ist. Die Felder enthalten acht Quecksilbernäpfe nach einer vorher beschriebenen Ausführung, welche mit den von jeder Batterie kommenden acht Leitungen so verbunden sind, dass die nebeneinander befindlichen Näpfe stets einer Teilbatterie entsprechen. (In der Figur sind die Batterieleitungen nicht gezeichnet). Das erste und das letzte Näpfepaar eines jeden Feldes sind mit Klemmen verbunden, welche in der Verlängerung der Napfreihe angebracht sind (s. Feld I). Vermittels einer Schaltplatte lassen sich, wie in Feld II und III gezeichnet, die Teilbatterien jeder Batterie parallel schalten. Jede Batterie giebt in Parallelschaltung bis 200 Ampère Strom bei 20 Volt ab. Sollte bei einer grösseren Anzahl gleichzeitig zu aichender Zähler die Spannung von 20 Volt zu klein sein, so kann man, wie beim Felde IV ersichtlich ist, die Batterie in zwei Halbbatterien teilen und dieselben in Serie schalten durch eine mit entsprechenden Verbindungen versehene Schaltplatte. Nun liefert die Batterie bis 100 Ampère bei 40 Volt. Endlich kann man, wie beim Felde V dargestellt ist, alle vier Teilbatterien in Serie schalten, sodass man 50 Ampère bei 80 Volt erhält. An einer an den Schalttisch grenzenden vertikalen Wand, welche in der Figur umgelegt dargestellt ist, sind die in die Laboratorien führenden Leitungen  $G_1$   $G_2$  . . .  $G_5$  angebracht, in welche doppelpolige Schalter und Sicherungen eingeschaltet sind. Die Schalter stehen in fester aber leicht auswechselbarer Verbindung mit den Batterieklemmen. Bei der gezeichneten Anordnung ist angenommen, dass die Aichung von Zählern bis maximal 100 Ampère in den Laboratorien, für höhere Stromstärken direkt am Schalttische unter Benutzung der Schienen  $S_1$   $S_2$  stattfindet. Diese Schienen sind, damit der Tisch nicht zu breit wird, an der vertikalen unteren Wand des Schalttisches befestigt. Eine Schiene  $S_1$  ist durch Kupferstreifen mit Klemmen in Verbindung, welche genau in der Mitte zwischen den an der Vorderseite der Felder I II III etc. befindlichen Klemmen angebracht sind. Die andere Schiene  $S_2$  ist durch Kupferstreifen bei jedem Felde mit zwei seitlich angebrachten

\*) s. Dr. Sahulka Z. f. E. 1899 No. 39.

Klemmen verbunden. Macht man die Verbindung bei allen Batterien mit den Schienen wie in Feld II gezeichnet, so kann man 100 Ampère an denselben abnehmen. Um die Polarität der Schienen zu wechseln, braucht man nur die Laschen I statt nach links nach der rechten Seite zu klemmen. Diese Anordnung ist aus dem Grunde getroffen, weil es in der Regel schwer möglich ist, durch Wechseln der starken Stromzuführungskabel die Polarität zu ändern.

In der Figur sind noch die Ladeleitungen  $D_1$   $D_2$  gezeichnet, welche unter Vorschaltung der Regulierwiderstände  $R_1$  und  $R_2$  mit den Klemmen  $K+$   $K-$  der Batterien verbunden werden können und in deren Stromkreis die Ampèremeter  $A_1$   $A_2$  liegen.  $V_1$  und  $V_2$  sind Voltmeter, um die Ladespannungen messen zu können;  $V_3$  und  $V_4$  sind Prüfvoltmeter, welche gestatten, auch die Spannung der nicht geladenen Batterien oder die Spannung der Teilbatterien zu prüfen, und deren Messbereiche für das eine Instrument der Spannung einer Teilbatterie, für das andere einer ganzen Batterie angepasst ist. Man kann mit diesen Prüfvoltmetern, wenn eine Batterie-sicherung abgeschmolzen ist, leicht erkennen, welche Sicherung es ist; ebenso kann man rasch kontrollieren, ob die Teilbatterien gleiche Spannung haben, also kein Element kurzgeschlossen ist.

Eine der soeben beschriebenen Anordnung ähnliche Schaltung besitzt die Normalaichungskommission in Wien.

Das Laboratorium der städtischen Elektrizitätswerke in München,\*) welches die Befugnis zur amtlichen Prüfung und Beglaubigung elektrischer Messgeräte besitzt und dessen Einrichtungen als mustergültige anzusehen sind, hat zur Zeit die folgenden Starkstrombatterien:

- 6 Batterien von je 5 Zellen, 300 Ampèrestunden bei 300 Ampère Entladestrom,
- 2 Batterien von je 5 Zellen, 290 Ampèrestunden bei 290 Ampère Entladestrom,
- 24 Batterien von je 5 Zellen, 201 Ampèrestunden bei 201 Ampère Entladestrom.

---

\*) Die Zeichnungen und Photographien des Laboratoriums und seine Einrichtungen wurden dem Verfasser von Herrn Stadtbaurat U p p e n b o r n in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt.



Die beiden ersten Batterien leisten bei 10 Volt 3290 Ampèrestunden, die letzte Batterie bei gleicher Spannung 7700 Ampèrestunden. Die Einrichtung ist so getroffen, dass beide Batterien durch entsprechende Umschalter verbunden

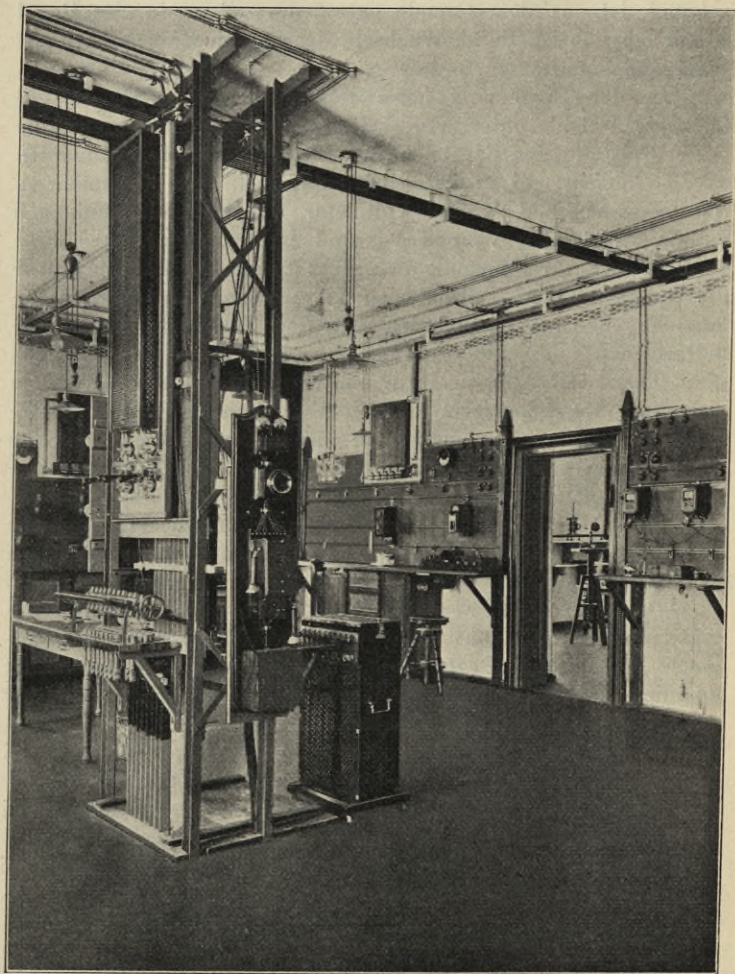


Fig. 337.

werden können, so dass maximal 10990 Ampèrestunden bei dreistündiger Entladung mit je 5 hintereinander geschalteten Zellen von den Batterien abgegeben werden können. Die Akkumulatoren sind im Keller untergebracht, von welchem vertikale Steigleitungen zu Quecksilberumschaltern an der in Fig. 337 ersichtlichen in der Mitte des Laboratoriums befindlichen Stromverteilungssäule führen. Von den Quecksilberumschaltern gehen nun Kupferschienen zu den einzelnen Schalttafeln, welche später beschrieben werden sollen.

Als Beispiel der Schaltungen der Batterien und der Quecksilberumschalter ist noch in Fig. 338 das Schaltungsschema der dritten Batteriangruppe dargestellt, welches einer weiteren Erklärung nicht bedarf. Fig. 339 zeigt die verschiedenen Verbindungen am Quecksilberumschalter für 2, 4, 48 und 16 Volt Spannung.

Wie bereits erwähnt, müssen für die in Nebenschluss geschalteten Stromkreise der Zähler verschiedene Betriebsspannungen zur Verfügung stehen, welche ebenfalls von Akkumulatorenbatterien geliefert werden. Die Kapazität derselben muss sich darnach richten, wieviel Zähler gleichzeitig an dieselbe Spannung angeschlossen werden sollen. Ein einzelner Zähler verbraucht in diesem Zweige ca. 0,03 Ampère; für zwanzig in einem Laboratorium gleichzeitig zu Eichende Zähler wäre daher eine Stromstärke von 0,6 Ampère erforderlich, für 100 Zähler 3 Ampère. Da die meisten Elektrizitätszähler von 100—300 Volt bestimmt sind, so brauchen nur einige Batterien eine dem obigen Strombedarfe entsprechende Entladestromstärke zu liefern; die restlichen Batterien können aus kleineren Elementen gebildet sein. Nach den „Vorschriften für die Ausrüstung elektrischer Prüfmäster“\*) soll diese Mittelspannungsbatterie für die Nebenschlüsse der Zähler aus ca. 500 Akkumulatoren bestehen, von welchen jeder 0,5 Ampère mindestens 5, besser 10 Stunden lang ausgeben kann. Wird nur immer die eine Hälfte der Batterie benutzt, um die andere während dieser Zeit laden zu können, so kann dieselbe bei passender Schaltung und Prüfung von Zählern mit beispielsweise 120 Volt Betriebsspannung 2 Ampère abgeben; es können also gleichzeitig ca. 65 Zähler geacht werden. Steht eine Ladespannung von z. B. 110 Volt zur Verfügung, so bestehen die Teilbatterien praktisch

\*) s. Vorschriften etc. B. 2.



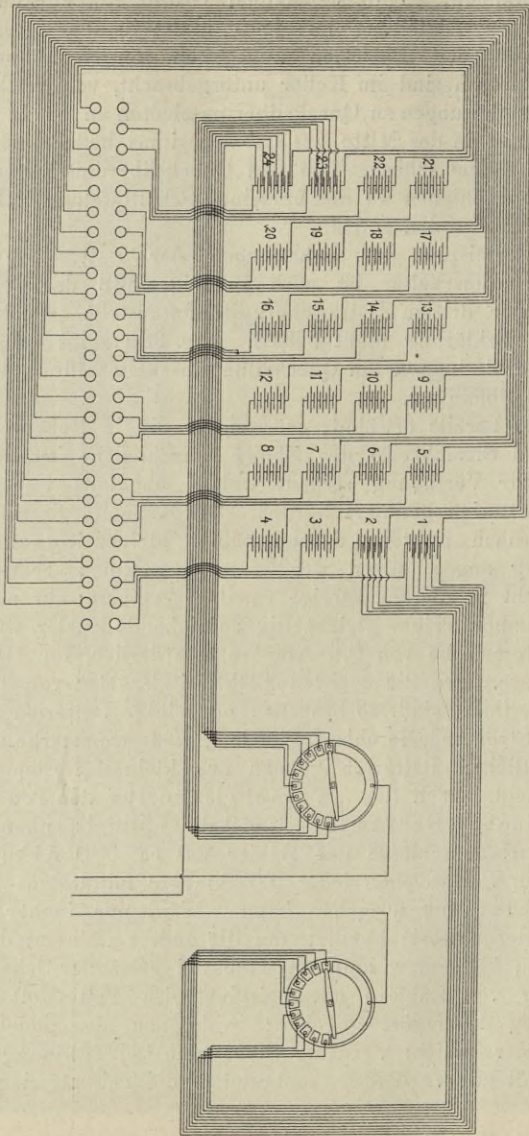


Fig. 338.

aus 40 Zellen. Wird mit Ladewiderstand geladen und besitzt eine Teilbatterie keinen Zellschalter, so müssen an die ersten Teilbatterien nach je 10 Elementen Abzwegleitungen angeschlossen sein, die zu einer Schalttafel führen, von welcher durch Stechkontakte die erforderliche Spannung zu den einzelnen Prüfschalttafeln geleitet wird.

Für Wechsel und Drehstrom. Die Aichung der Wechselstromzähler wurde bis Mitte der neunziger Jahre stets unter Anwendung derselben Schaltung und Betriebsverhältnisse vorgenommen, unter welchen der Zähler an der Verwendungsstelle in Thätigkeit sein sollte. Dies bedingte jedoch die Einregulierung eines jeden Zählers besonders und liess eine Aichung in grösserer Anzahl gleichzeitig nicht zu. Dr. J. Sahulka \*) machte zuerst 1893 den Vorschlag, die Aichung von Wechselstromzählern in derselben Weise wie bei Gleichstromzählern mit zwei getrennten Stromkreisen durchzuführen, von denen der eine den für die dickdrahtigen Spulen der Zähler erforderlichen

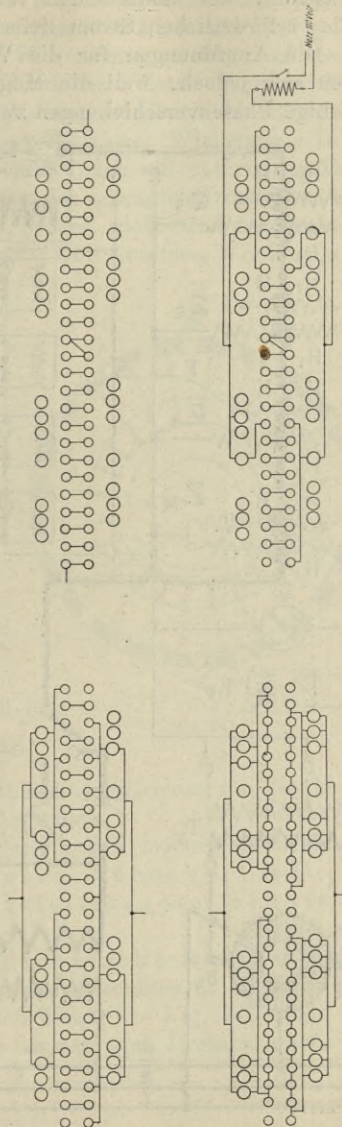


Fig. 339.

\*) Z. f. E. 1899 Heft 41.



Starkstrom, der andere den für die Nebenschlusskreise der Zähler erforderlichen Strom liefert.

Die Anordnungen für die Wechselstromaichungen komplizieren sich jedoch, weil die Möglichkeit vorhanden sein muss, beliebige Phasenverschiebungen zwischen Hauptstrom und Nebenschlussstrom zu erzeugen, damit die Aichung auch für solche Betriebsverhältnisse vorgenommen werden kann.

Die Erzeugung zweier getrennter E. M. K. e. und bestimmter Phasenverschiebungen für die Aichung ist in verschiedener Weise zu erreichen. Bei der in Fig. 340\*) dargestellten Schaltung wird Dreiphasenstrom benutzt.

Die drei Drehstromleiter I, II, III führen an den Phasenregler P, sodass man von den verstellbaren Bürsten  $B_1$   $B_2$  je nach ihrer Stellung Spannung von einer beliebigen Phase abnehmen kann; diese Spannung kann durch einen Transformator  $T_V$  und einen Regulator  $R_V$  variiert werden. An die Leitungen II u. III des Dreiphasensystems ist der Stromtransformator  $T_A$  angeschlossen, dessen Sekundärstrom die Hauptstromspulen durchfließt.

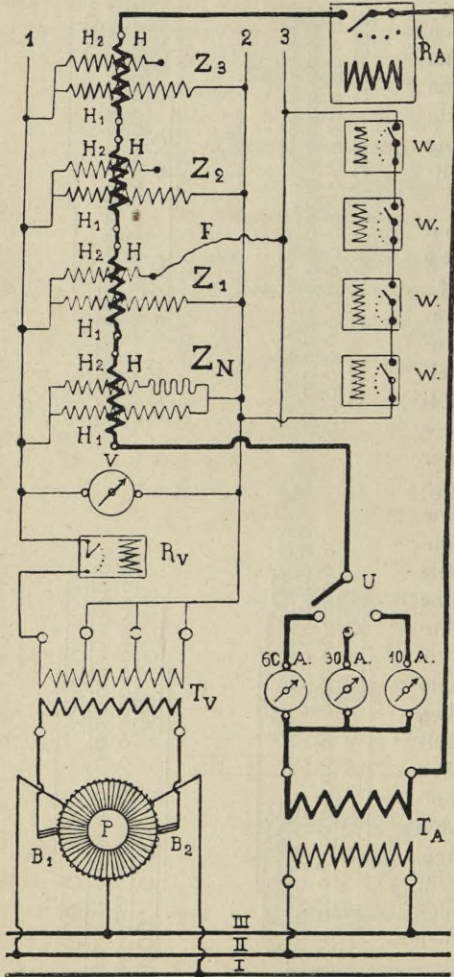


Fig. 340.

\*) E. T. Z. 1898 Heft 36.

Der Phasenregler P ist folgendermassen eingerichtet:\*) Ein aus Blechscheiben zusammengesetzter Eisenkern R (Fig. 341) ist mit einer Ringwicklung W versehen, welcher an drei in einem Abstände von  $120^{\circ}$  befindlichen festen Punkten Drehstrom zugeführt wird. Die Schaltung ist gleich der eines zwei-poligen Drehstrommotors mit geschlossener Wicklung. In der inneren Öffnung des Ringes befindet sich ein unterteilter Eisenkern k, welcher den Kraftlinien des erzeugten Drehfeldes einen möglichst eisengeschlossenen Verlauf giebt und dadurch den Magnetisierungsstrom verringert. Die einzelnen Windungen der Wicklung W sind mit einer Kontaktbahn C verbunden, auf der diametral zwei voneinander isolierte Federn f schleifen, von welchen die Stromabnahme bewirkt werden kann. Infolge des erzeugten Drehfeldes wandert das Maximum der Induktion von Windung zu Windung und wird daher der mit Hilfe der Schleiffedern abgenommene Strom je nach der Stellung dieser Federn auf dem Ring früher oder später sein Maximum erreichen. Es kann also die Phase des abgenommenen Stromes für die Zählernebenschlüsse gegen die des an dasselbe Drehstromsystem angeschlossenen Stromes für die Hauptstromspulen beliebig geändert werden.

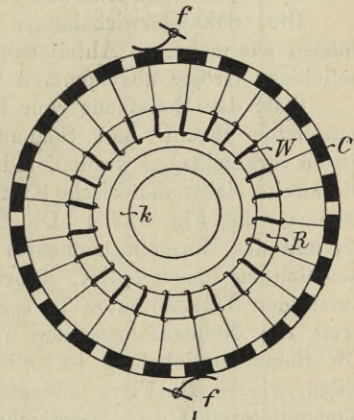


Fig. 341.

Diese Phasenregler werden in den meisten Fabriklaboratorien, so bei der E. A. G. vorm. Schuckert & Co. und der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft verwendet.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt benutzt zur Erzeugung der beiden getrennten E. M. K. e. ebenfalls Drehstrom\*\*) in derselben Weise wie Fig. 340 zeigt. Als Phasenregler wird jedoch ein asynchroner Drehstrommotor be-

\*) E. T. Z. 1896 Heft 32.

\*\*) s. E. T. Z. 1901 Heft 5.



nutzt, dessen Anker festgestellt und mit einer solchen Wicklung versehen ist, dass der Motor wie ein Transformator vom Übersetzungsverhältnis 1:1 wirkt. Zwei Pole des Ankers sind mit dem primären Kreis eines Transformators verbunden. Dreht man den Anker des Drehstrommotors um einen gewissen Winkel, so wird dadurch die Phasendifferenz zwischen Hauptstrom und Nebenschlussstrom verändert. Um eine kontinuierliche Änderung der Phasendifferenz zu ermöglichen, ist auf die Ankerachse des Motors eine am Rande gezähnte Scheibe aufgesetzt, in die eine Schnecke eingreift. Grössere Drehungen des Ankers können durch eine besondere Vorrichtung bewirkt werden.

Die Sekundärwickelungen der Spannungstransformatoren müssen aus mehreren Abteilungen bestehen, so dass Spannungen beliebiger Grösse abgenommen werden können.

Statt der Benutzung von Dreiphasenstrom zur Erzeugung getrennter Strom- und Spannungskreise ist auch einphasiger Strom vorgeschlagen worden, indem mittelst eines Transformators die zweite elektromotorische Kraft erzeugt wird. Das Schaltungs-schemata zeigt Fig. 342. \*) Die Stromspulen der Zähler  $Z_1$  und  $Z_2$  und des Normalinstrumentes P sind direkt in die Wechselstromleitung eingeschaltet, während die erforderliche Spannung durch den Transformator  $T_2$  erzeugt wird, in dessen Sekundärkreis die Nebenschlussspulen c der Apparate gelegt werden. Die Sekundärwicklung ist wieder in einzelne Abteilungen zu teilen, wie es die Figur andeutet. Schliesslich sind noch zwei Kommutatoren  $C_1$   $C_2$  vorgesehen, welche den Strom in den Spannungsspulen und in einer der Stromspulen, deren meist zwei vorhanden sind umzukehren gestatten. Die erforderlichen Phasenverschiebungen müssen hierbei durch Belastung mit Drosselspulen erzeugt werden. Dr. Sahulka hat bei seinen Versuchen dickdrahtige auf Holztrommeln gewickelte Spulen von je 100 m Drahtlänge verwendet. Mehrere derartige Spulen waren übereinander angeordnet und konnten einzeln oder in beliebiger Zahl in den Starkstromkreis eingeschaltet werden. Bequemer und einfacher ist es, bei der angegebenen Schaltung zum Zwecke der Erzeugung von Phasenverschiebungen in den Spannungskreis einen Kondensator oder eine Selbstinduktions-spule eventuell bei Zählern, welche grosse Selbstinduktion in diesem Kreise haben einen induktionslosen Widerstand zu

\*) Z. f. E. 1898 Heft 41.

schalten. Die Selbstinduktionsspule enthält zur Regulierung einen verstellbaren Eisenkern, der Kondensator soll aus mehreren

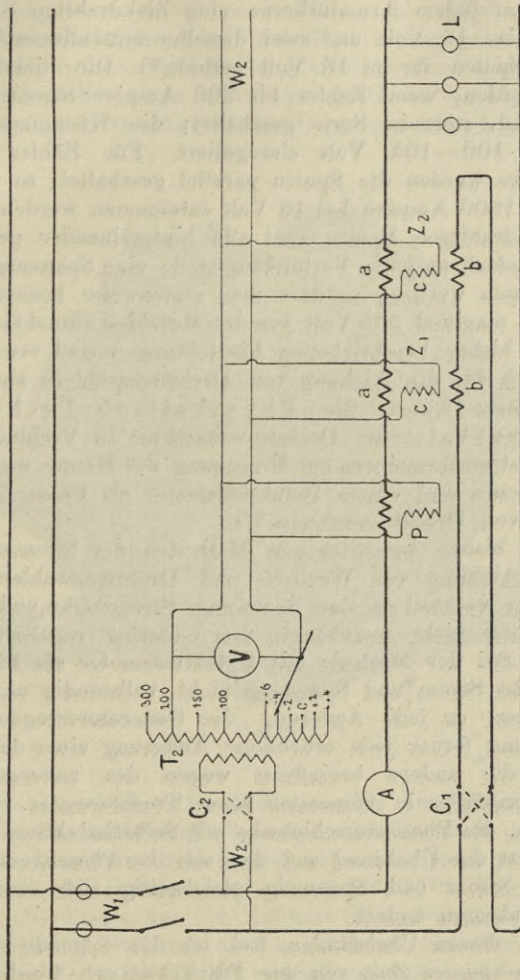


Fig. 342.

Einzelkondensatoren bestehen. Diese Einrichtung hat den Vorteil, für Zähler verschiedenster Stromstärken anwendbar zu sein.



In den Laboratorien der Normal-Aichungs-Kommission in Wien wird als Stromquelle für die Aichung der Wechselstromzähler ein achtpoliger Wechselstromdynamo benutzt, welcher auf jedem Armaturkerne eine dickdrahtige Spule für 200 Ampère 16 Volt und zwei dieselbe einschliessende dünn-drahtige Spulen für je 16 Volt enthält. \*) Die dickdrahtigen Spulen werden, wenn Zähler bis 200 Ampère Stromstärke zu aichen sind, stets in Serie geschaltet; die Klemmenspannung wird auf 100—105 Volt einreguliert. Für Zähler höherer Stromstärke werden die Spulen parallel geschaltet, so dass der Maschine 1600 Ampère bei 16 Volt entnommen werden können. Die dünn-drahtigen Spulen sind alle hintereinander geschaltet; es kann jedoch an jeder Verbindungsstelle eine Spannungsleitung angeschlossen werden, so dass man stufenweise höhere Spannungen bis maximal 256 Volt von der Maschine entnehmen kann.

Die bisher beschriebenen Einrichtungen sind etwas modifiziert auch für die Aichung von Drehstromzählern anwendbar. So benutzte [früher die Physikalisch-Technische Reichsanstalt eine Drehstrommaschine in Verbindung mit Drehstromtransformatoren zur Erzeugung des Haupt- und Nebenschlussstromes und einem Induktionsmotor als Phasenregler zur Aichung von Drehstromzählern. \*\*)

Den bisher beschriebenen Methoden der Stromerzeugung für die Aichung von Wechsel- und Drehstromzählern haftet jedoch der Nachteil an, dass Spannung, Stromstärke und Phasenverschiebung nicht unabhängig von einander reguliert werden können. Bei der Methode mit Induktionsmotor als Phasenverschieber ist Strom und Spannung nicht vollständig unabhängig voneinander, da jede Änderung der Generatorerregung beide Grössen und ferner jede erhebliche Änderung einer der beiden Grössen die andere beeinflusst wegen des unvermeidlichen Spannungsabfalles in Generator bzw. Transformator. Bei den Verfahren, die Phasenverschiebung mit Selbstinduktion zu regulieren, tritt der Übelstand auf, dass mit der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung gleichzeitig sich einer dieser beiden Faktoren ändert.

Von diesen Übelständen frei ist die folgende Methode, welche in neuerer Zeit von der Physikalisch-Technischen

---

\*) Ausgeführt von Siemens & Halske A.-G.

\*\*\*) s. E. T. Z. 1901 Heft 5.

Reichsanstalt verwendet wird und auch im Laboratorium der Städtischen Elektrizitätswerke in München zur Anwendung kommen soll. Es werden zwei Wechsel- bzw. Mehrphasengeneratoren gleicher Phasenzahl miteinander gekuppelt und der Anker einer derselben so angeordnet, dass er gedreht und in beliebiger Stellung arretiert werden kann. Den von der Firma Siemens & Halske A.-G. an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt gelieferten Doppelgenerator beschriebener

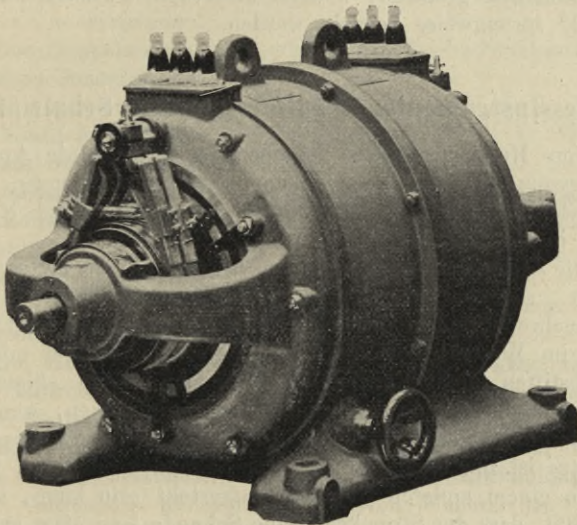


Fig. 343.

Art zeigte Fig. 343. Die Rotoren eines Drehstromgenerators für 5 Kilowatt und eines zweiten für 1,5 Kilowatt der Radialpoltype sind auf eine gemeinsame Achse aufgekeilt und werden durch einen Gleichstrommotor für 6 PS, 1500 Touren angetrieben. Der Stator des 1,5 Kilowatt Generators ist mit einem Zahnradsegment versehen und kann durch ein Handrad und eine Schnecke um etwa  $100^{\circ}$  verstellt werden. — Die Gehäuseverstellung kann auch durch einen Motor mit Schneckenrad ausgeführt werden, wenn die Regulierung von einem anderen Raume aus erfolgen soll. —



Ausser der obengenannten Maschine baut die Firma Siemens & Halske A.-G. eine ähnliche für 7 und 1,5 Kilowatt mit einem 10pferdigen Motor.

Die grössere der Maschinen liefert den Strom für die Hauptstromspulen der Zähler, die kleinere den für die Nebenschlusspulen. Durch Drehung des Ankers der kleineren Maschine kann die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung kontinuierlich geändert werden. Vermittels eines Umschalters, der die drei Leitungen der kleineren Maschine cyklisch zu vertauschen gestattet, können ausserdem Phasenänderungen von  $60^{\circ}$  sprungweise bewirkt werden.

## 2. Messinstrumente, Regulierapparate, Schalttafeln.

Von Messinstrumenten kommen in erster Linie Apparate zur Messung der Zeit, der Spannung und des Stromes, ferner Apparate zur Messung des Effektes, Wattmeter und Normalzähler, in Betracht.

Die Zeitbeobachtungen werden entweder mit einem Registrierapparat, sogenannten Doppelzeitschreibers, oder mit einem Taschenchronographen gemacht. Die Doppelzeitschreiber\*) bestehen im Wesentlichen aus einem Morsefarbschreiber mit zwei Schreibstiften (nicht Rädchen), welche auf einem ablaufenden Papierstreifen je eine kontinuierliche Linie ziehen, wenn die Magneten nicht erregt sind. In den Stromkreis des einen Magnetes ist das Kontaktwerk einer Sekundenpendeluhr, welche auch in einem anderen Gebäude aufgestellt sein kann, so eingeschaltet, dass der Stromkreis eine Sekunde lang offen und eine Sekunde lang geschlossen ist. In dem Stromkreise des anderen Magnetes ist der Beobachtungstaster eingeschaltet. Dieser ist am besten als dreifacher Taster konstruiert und mit dem Apparate durch vier Leitungen so verbunden, dass durch den Druck der einen Taste der Papierstreifen in Bewegung gesetzt, mit der zweiten Taste er wieder angehalten wird; mit der dritten Taste werden die Anfangs- und Endpunkte der Beobachtungsdauer verzeichnet. Man erhält dann ungefähr die in Fig. 344 dargestellte Zeichnung auf dem Papierstreifen.

\*) s. W. Marek, Anwendung des Registrierapparates bei elektrischen Messungen E. T. Z. 1900 Heft 31, ferner K. Feussner E. T. Z. 1900 Heft 50.

Für die meisten Fälle ist es ausreichend, die Länge einer Sekunde auf der Linie I etwa 10 mm lang zu machen. Die Lage der auf der Linie II durch den Taster verzeichneten Signale  $\alpha\alpha$  wird an der Zeitskala durch Schätzung abgelesen oder aber mit Hilfe einer wenig konvergierenden auf einem Glasstreifen aufgetragenen Liniengruppe ausgewertet. Ein einzelnes Signal giebt ein fixiertes Zeitmoment, die Differenz der Ablesung zweier Signale die Beobachtungsdauer an. — Bei der Auswertung mit Glasskala ist darauf zu achten, dass die geteilte Fläche auf dem Papiere aufliegt, um Fehler durch Parallaxe zu vermeiden.

Der Doppelzeitschreiber erlaubt die Beobachtungszeit ohne Verlust an Genauigkeit bedeutend einzuschränken, da eine mindestens doppelt so grosse Genauigkeit der Zeitbestimmung als mit dem Taschenchronographen erreicht wird.

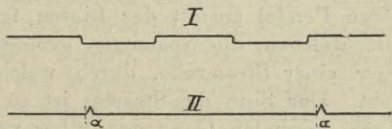


Fig. 344.

Der Taschenchronograph ist weiter nichts als eine Taschenuhr, die einen, besser zwei arretierbare Fünftelsekundenzeiger besitzt.

Zur Messung von Strom und Spannung eignen sich am besten Instrumente Weston'scher Bauart.\*) Kleinere Stromstärken werden vermittelt gewöhnlicher Nebenschlusswiderstände und Millivoltmeter gemessen. Zur Messung grösserer Stromstärken sollen Petroleumwiderstände mit Wasserkühlung verwendet werden. — Bei der Aichung von Wechsel- und Drehstromzählern ist wegen der auftretenden Phasenverschiebung ausser der Messung des Stromes und der Spannung noch eine Messung des Effektes mit einem Wattmeter erforderlich. Um ein rasches Arbeiten zu ermöglichen wird man stets direkt zeigende Wattmeter den Torsionswattmetern vorziehen. Solche Instrumente werden von den meisten Messinstrumentenfabriken in grosser Vollkommenheit ausgeführt.

Statt durch getrennte Messung von Strom, Spannung, bezw. Watt und Zeit kann die Aichung auch mit Normalzählern,

\*) Über die Anforderungen an diese Instrumente und die Nachprüfung derselben siehe: Vorschriften für die Ausrüstung elektrischer Prüfämter nebst Erläuterungen. Berlin, Springer, 1902.



deren Korrekturen für alle Messbereiche bekannt sind, vorgenommen werden. Insbesondere wird diese Aichmethode in einigen Fabriklaboratorien angewendet wo eine grössere Zeit zur Aichung der einzelnen Apparate zur Verfügung steht, während in Prüfämtern sich die Methode nicht Eingang zu verschaffen gewusst hat. Obwohl das Verfahren bei Aichung mit Normalzählern sich vereinfacht, zeigt sich doch bei kürzerer Beobachtungsdauer eine erheblich grössere Ungenauigkeit als bei Prüfung mit getrennter Messung der Zeit- und elektrischen Grössen.

Die Aron'sche Elektrizitätszählerfabrik vergleicht ihre Apparate mit einem Normalzähler, welcher aus zwei gewöhnlichen Regulatorröhren besteht, die gut einreguliert sind, und deren Pendel anstatt der Linsen feine Drahtwindungen tragen, mit welchen die Spannung gemessen wird. Beide schwingen über einer Stromrolle, durch welche der Aichstrom hindurchgeht. Der Sinn des Stromes ist so gewählt, dass die eine Uhr ihrem normalen Gang gegenüber verzögert und die andere beschleunigt wird. Durch eine genaue Aichung ist die Konstante dieser Zähler, d. h. wieviel Schwingungen Differenz einer Hektowattstunde entspricht, bekannt.

Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft stellt zur Vergleichung ihrer Zähler Kontrollzähler für alle gewünschten Spannungen und Wechsel bis zu Stromstärken von 100 Ampère her, welche besonders genau gearbeitet sind und auf Wunsch von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft werden können.

Für die Wechselstrommessungen ist schliesslich noch die Feststellung der Periodenzahl von Wichtigkeit. Als sehr zuverlässig haben sich hierbei die Braun'schen Gyrometer\*) erwiesen, welche auch in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt verwendet werden. Ebenso ist das von der Rheinischen Tachometerbau-Gesellschaft m. b. H. fabrizierte Bifluid-Tachometer den Drehpendeltachometern vorzuziehen. Meistens werden die Aichungen jedoch nicht in dem Raume ausgeführt werden, in welchem die Maschinen stehen, so dass eine gleichzeitige stetige Kontrolle der Periodenzahl bei der Aichung mit den angegebenen Instrumenten nicht möglich ist.

Ein den erforderlichen Genauigkeitsgrad in vollkommenster

---

\*) s. Z. d. V. d. J. 1894 S. 475.

Weise besitzender Apparat zur Kontrolle der Periodenzahl unabhängig von dem Aufstellungsort der Maschine ist der von R. Kempf-Hartmann konstruierte Frequenzmesser\*), der von der Firma Hartmann & Braun A.-G. ausgeführt wird. Derselbe hat insbesondere für Messwerke den nicht zu unterschätzenden Vorteil, von Spannungsschwankungen unabhängig zu sein.

Die Einregulierung der erforderlichen elektrischen Grössen. Strom und Spannung, geschieht mit geeigneten Widerständen. Die Stromregulatoren oder Belastungswiderstände bestehen meist aus gewellten Konstantanbändern oder Spiralen, welche senkrecht ausgespannt sind und durch geeignete Schalter oder Kontaktwalzen parallel geschaltet werden können. Ein Teil der Belastungswiderstände bis zu den gebräuchlichsten Stromstärken, für die die Zähler konstruiert werden, also ca. 100 Ampère, werden bei den Schalttafeln fest angebracht. Fig. 345, welche die Messschalttafeln im Laboratorium für Zähleruntersuchungen der Münchener Städtischen Elektrizitätswerke darstellt, zeigt einen fest angebrachten Belastungswiderstand oberhalb der Schalttafel. Derselbe enthält fünf Kontaktwalzen zum Parallelschalten der Konstantanbänder. An jeder Kontaktwalze sind fünf Widerstände angeordnet. Die Kontaktgebung erfolgt zum Zwecke der Funkenvermeidung durch zwei hintereinander geschaltete Kupferbürsten. Die erste Kontaktwalze gestattet die Stromstärken in Abstufungen von je fünf Ampère einzustellen, die übrigen Kontaktwalzen regulieren um je zehn Ampère.\*\*\*) Zur genauen Einstellung der Stromstärke sind ausserdem unter dem vor der Schalttafel befindlichen Arbeitstisch zwei Kurbelrheostaten angebracht, welche zu den anderen Widerständen parallel geschaltet sind. Diese sind Gleitdrahtwiderstände und bestehen aus auf Porzellanwalzen aufgewickelten Konstantendrähten, auf welchen Schleiffedern gleiten, die durch eine viergängige Schraube von 25 mm Ganghöhe schnell verstellt werden können. Als Grundplatte wird am besten Marmor gewählt.\*\*\*) Mit Hilfe der Kurbelrheostaten ist es möglich, Ströme einzustellen von 0—1 und 0—5 Ampère, zusammen also 6 Ampère. Auf diese Weise steht in dem Münchener

---

\*) s. E. T. Z. 1901 Heft 1.

\*\*) Werden in der beschriebenen Art von Max G ö r g e n in München ausgeführt.



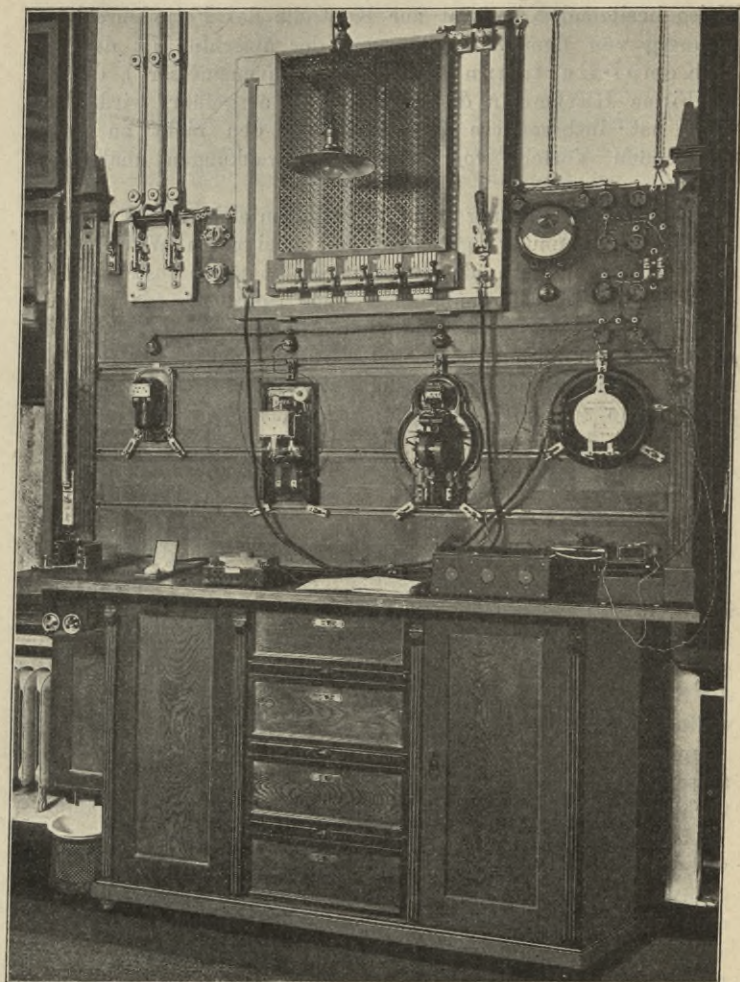


Fig. 345.

Laboratorium an jedem Platze Strom bis zu 238 Ampère zur Verfügung.

Hauptbelastungswiderstand und Gleitdrahtwiderstand können auch zusammengebaut und statt an der Wand am Fussboden

angeschraubt werden. Fig. 346 zeigt einen solchen Widerstand der Firma Voigt & Haffner Frankfurt a. M., wie er zur Ausrüstung der Prüfmeter durch Hartmann & Braun A.-G. geliefert wird. Derselbe reicht aus für  $\frac{1}{4}$  Stromstärken bis 400 Ampère bei 10 Volt.

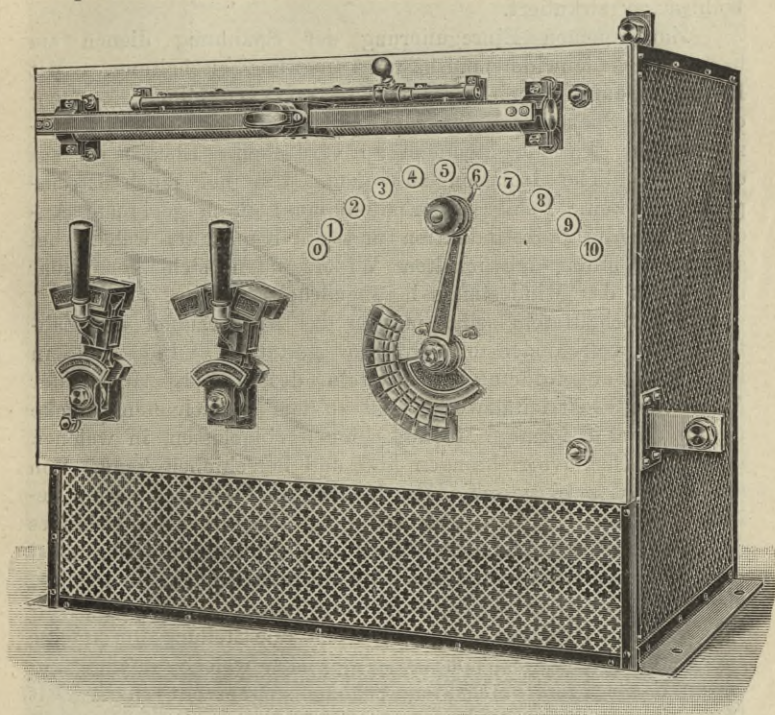


Fig. 346.

Sollen Prüfungen grösserer Zähler vorgenommen werden, so sind mit den fest angeschlossenen Widerständen ein oder mehrere transportable Hilfsbelastungswiderstände parallel zu schalten. Diese bestehen am besten aus Gestellen, welche aus Winkeleisen zusammengenietet und behufs guter Luftzirkulation ebenso wie alle anderen Widerstände mit perforiertem Blech bekleidet sind. Das Widerstandsmaterial ist Manganin oder Konstantan. Mit Rücksicht auf eine gute Transportfähig-



keit werden die Widerstände auf Rollen gestellt und mit den nötigen Handgriffen versehen.

Widerstände für grosse Stromstärken, 2000 Ampère und mehr sind mit Wasserkühlung zu versehen. Zu diesem Zwecke werden die Widerstände aus Röhren gebildet, in denen das Kühlwasser zirkuliert.

Zur genauen Einregulierung der Spannung dienen am besten Dekadenwiderstandskästen mit Kurbelschaltung. Mit Rücksicht auf die bei Prüfungen oft zur Verwendung kommenden hohen Spannungen sind die stromführenden Teile mit Ausnahme der Anschlussklemmen zu verdecken. Ebenso ist auf eine vorzügliche Isolation zu sehen. Um bei Wechselstromprüfungen keine Fehler zu erhalten, muss durch geeignete Anordnungen die Selbstinduktion und die Kapazität, welche bei grösseren bifilar gewickelten Widerständen sich bemerkbar macht, auf das Mindestmass herabgedrückt werden.

Die Schalttafeln selbst müssen das Anschrauben von Zählern der verschiedensten Grössen gestatten. Bei den in Fig. 345 abgebildeten Schalttafeln des Laboratoriums der Münchener Elektrizitätswerke sind zu dem bezeichneten Zwecke in die Tafel U-förmige Messingschienen eingelassen, in welchen man die Klemmvorrichtungen hin- und herschieben kann. Von solchen sind zwei verschiedene Modelle in Gebrauch. Eins besteht aus einem Bolzen, welcher infolge des verengten Schlitzes der U-förmigen Schiene in dieser zurückgehalten wird, nebst zwei Messingplatten, von denen eine einen Stift trägt, an welchen der zu befestigende Zähler aufgehängt wird. Ist so der Aufhängungspunkt fixiert, so wird die vertikale Stellung durch eine oder zwei einfache Klemmplatten bewirkt, welche in einer anderen U-förmigen versenkten Schiene angebracht sind. Mit Hilfe einer Vorrichtung kann man sehr schnell die Elektrizitätszähler in der gewünschten Lage festklemmen.

Eine ähnliche Vorrichtung ist an der in Fig. 347 abgebildeten Aichschalttafel angebracht, deren Erläuterung weiter unten folgen soll.

Vor den Schalttafeln sind feste oder ausziehbare Tische anzubringen, auf welchen die Kontrollinstrumente aufgestellt werden können. Zur Aufbewahrung der letzteren können unterhalb der Tische Schränkchen angebracht werden. Ist dieser Platz eventuell schon durch Belastungswiderstände besetzt, so wird sich die Aufstellung besonderer Apparatschränke empfehlen.

Die Aufstellung der Schalttafeln geschieht entweder, wie in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, als freistehende doppelseitige durch einen Gang getrennte Schalttafeln, oder aber an den Wänden des Laboratoriums. Sind mehrere Laboratorien

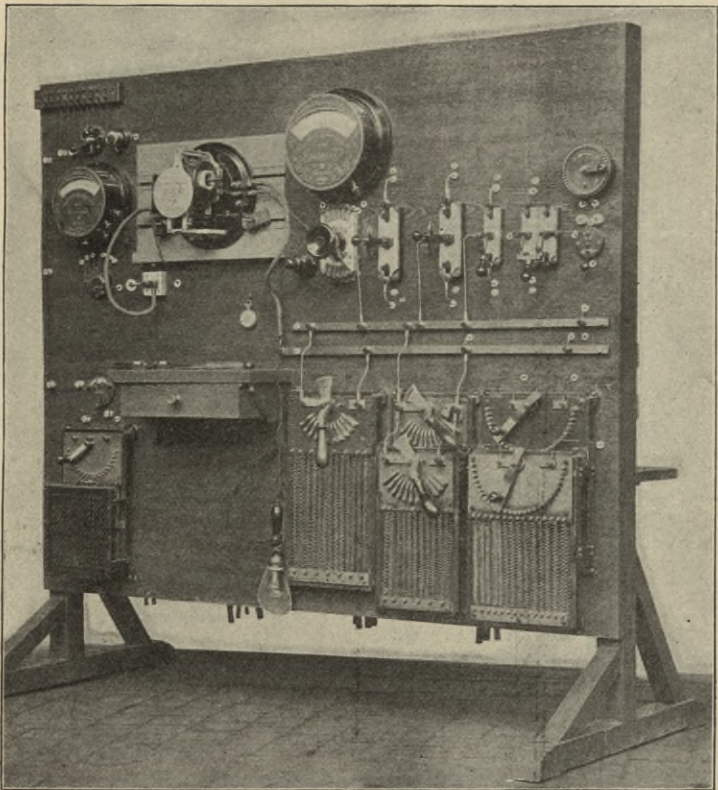


Fig. 347.

für die Aichungen vorhanden, so sollen im allgemeinen nur zwei Wandflächen zur Befestigung der Schaltbretter verwendet werden, da wegen einer eventuellen Beeinflussung keine Wand beiderseits mit stromdurchflossenen Zählern behängt sein soll und die vierte Wand, wo die Fenster angebracht sind, zur Anbringung von Schalttafeln ungeeignet ist.



Die Schalttafeln in den Fabriklaboratorien und kleineren Elektrizitätswerken, wo für gewöhnlich nur eine Zählertype zur Anwendung kommt, können weit einfacher ausgestattet werden. Eine solche Zählerkontrollleinrichtung und deren Schaltungs-

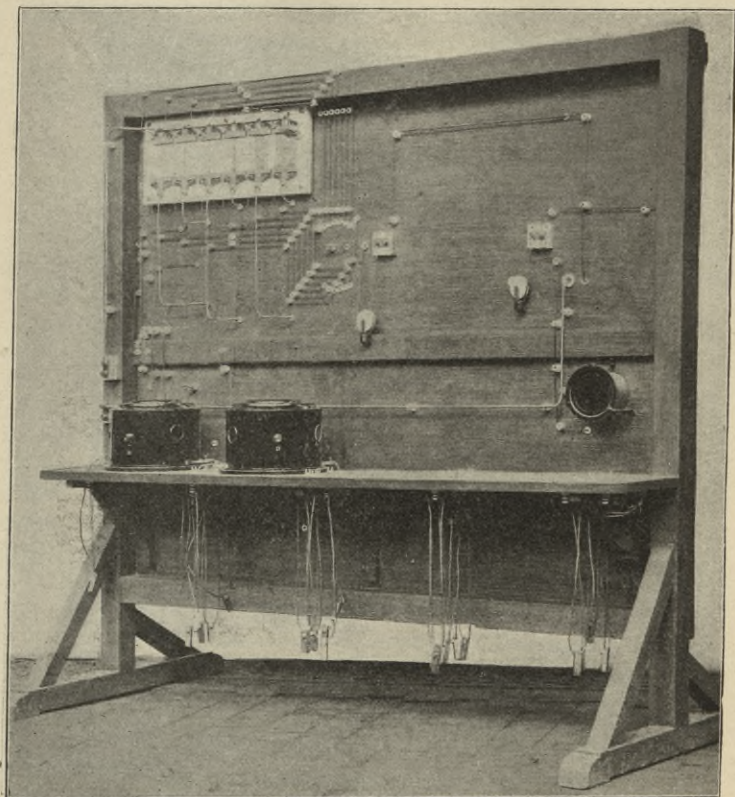


Fig. 348.

schema der Firma E. A. G. vorm. Schuckert & Co. zeigt Fig. 347—349.

Auf der Rückseite des Schaltbrettes 1 sind für die Messung des Hauptstromes sechs auf ein gemeinschaftliches Marmorbrett montierte Messwiderstände angebracht, welche durch drei Um-

schalter 7, 8 beliebig in den Hauptstromkreis eingeschaltet werden können.

Ein Millivoltmeter 3, gut gedämpft, nach dem Prinzip Deprez d'Arsonval, als Ampèremeter für 1 Ampère geteilt, kann nach dem Prinzip der indirekten Strommessung durch einen Umschalter 5 an je einen beliebigen Messwiderstand angelegt werden. Die Angaben des Instrumentes sind dann, je

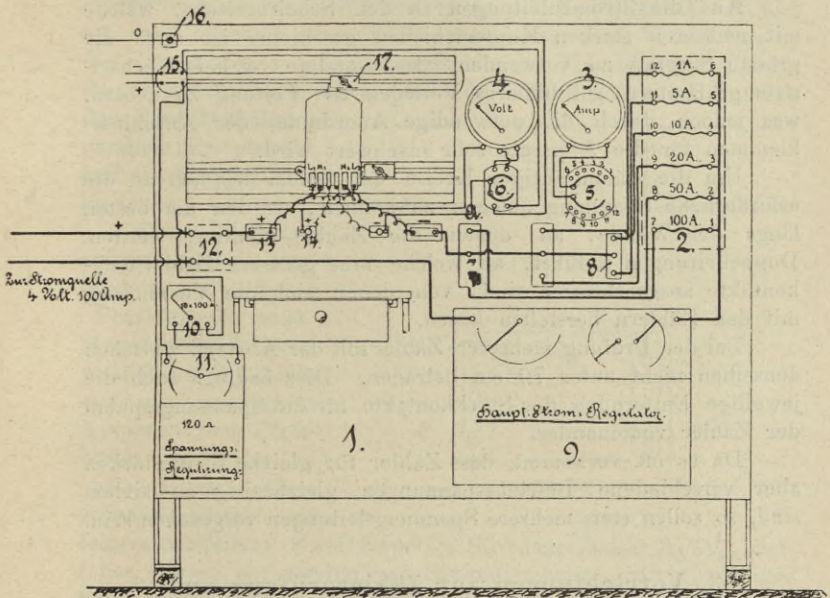


Fig. 349.

nachdem das Instrument an einem der sechs Messwiderstände anliegt mit dem Wert 1, 5, 10, 20, 50 oder 100 zu multiplizieren.

Zur Messung der Spannung dient ein Deprez-Voltmeter 4 mit zwei Messbereichen, welche durch den Umschalter 6 beliebig gewählt werden können.

Als Belastungswiderstand dient ein Regulator 9, welcher gestattet, jede gewünschte Stromstärke zwischen 0,3 und 100 Ampère einzustellen. Zur Einregulierung der Spannung sind auf dem Brett 2 Regulierwiderstände 10, 11 angebracht.



Der Anschluss des Zählers erfolgt wie auf Fig. 349 angegeben. Es können 2 bis 3 Zähler angebracht werden, sodass während der Kontrolle des einen Zählers der Nebenschluss des anderen etwas vorgewärmt werden kann. Die Nebenschlüsse werden dann parallel geschaltet. Bei einiger Übung und Erfahrung des Kontrolleurs können mit der Einrichtung pro Tag bis zu 20 Zähler kontrolliert werden.

Auf die Stromzuleitungen zu den Schaltbrettern, welche mit mehreren starken Kupferschienen geschieht, ist stets die grösste Sorgfalt zu verwenden. Insbesondere ist bei Wechselstromprüfämtern auf bifilares Verlegen der Leitung zu achten, was jedoch durch die notwendige Anordnung der Anschlussklemmen für die Apparate sehr erschwert wird.

Um die dünnrahtigen Kreise der Zähler bequem an die erforderliche Spannung anlegen zu können, werden am besten längs der Wände, an denen die Zähler montiert werden, Doppelleitungen geführt, an welche eine grössere Zahl Steckkontakte ausgeschlossen sind, von denen sich die Verbindung mit den Zählern herstellen lassen.

Bei der Prüfung mehrerer Zähler soll der Abstand zwischen denselben nicht unter 70 cm betragen. Dies bedingt auch die jeweilige Entfernung der Steckkontakte für die Spannungsspulen der Zähler voneinander.

Da es oft vorkommt, dass Zähler für gleiche Stromstärken aber verschiedene Betriebsspannungen gleichzeitig zu aichen sind, so sollen stets mehrere Spannungsleitungen vorgesehen sein.

### 3. Vorrichtungen zur Zählerprüfung und Verwendungsorte.

Die Elektrizitätszähler müssen sowohl unmittelbar nach der Montage als auch später im Betriebe zeitweilig geprüft werden. Bei diesen Prüfungen ist die Bedingung unerlässlich, dass die Messinstrumente in unmittelbarer Nähe des Zählers in die Leitung eingeschaltet werden können, ferner dass die Installation selbst unbehindert der Prüfung benutzt werden kann, also keine wenn auch nur zeitweiligen Unterbrechungen der Stromzuführungen zu den Verbrauchsapparaten stattfindet.

Zu diesem Zwecke werden jetzt von den meisten Zählerfabriken Prüfklemmen angefertigt, welche mit dem Zähler dauernd verbunden werden. Dieselben müssen plombierbar und

so konstruiert sein, dass eine Berührung blanker stromführender Metallteile mit der Hand nicht nötig ist.

Die Klemmen sind entweder so eingerichtet, dass sie nur die Messinstrumente anzuschliessen gestatten, während als Belastung die Installation selbst benutzt wird. Bei dem in Fig. 350 dargestellten Schema der Prüfklemme von Dr. O. May, Frankfurt a. M. für Zweileiteranlagen wird das Ampèremeter oder die Stromspule eines Wattmeters an die Kontaktstücke  $a_1$  und  $a_2$ , das Voltmeter oder die Spannungsspule eines Wattmeters an die Kontaktstücke  $a_2$  u.  $b$  angeschlossen. Hierauf wird die die Kontaktstücke  $a_1$  u.  $a_2$  verbindende Brücke gelöst und in eine den Kontaktstücken  $a$  parallele Lage gedreht, und die Aichung kann beginnen.

Bei Dreileiteranlagen wird in Verbindung mit diesen

Prüfklemmen eine Messschalttafel verwendet, um die Aichung mit nur einem Ampère- und Volt- bzw. Wattmeter zu ermöglichen. Der

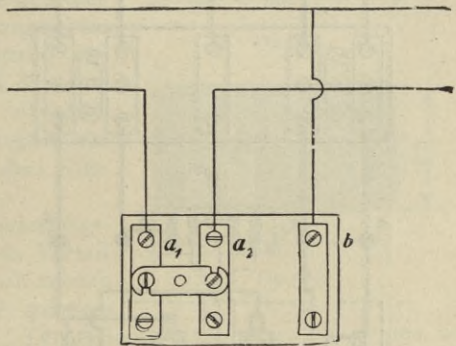


Fig. 350.

Apparat besteht aus

folgenden Teilen: Zwei einpolige Stromausschalter  $A_1$   $A_2$ , zwischen diesen ein zweipoliger Stromumschalter, ein vierpoliger Spannungsumschalter  $o$ ,  $u$ , vier Stromklemmen  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , eine Spannungsklemme  $m$ , zwei Anschlussklemmen  $s_1$   $s_2$  für das Ampèremeter und zwei solche  $v_1$   $v_2$  für das Voltmeter bzw. die betreffenden Spulen des Wattmeters. (Fig. 351.) Um die Spannung zwischen dem Aussenleiter  $+$  und dem Mittelleiter zu messen, schliesst man den bisher offenen Umschalthebel nach oben, während die Hebel  $A_1$  und  $A_2$  geschlossen sind. Durch Öffnen des Hebels  $A_2$  wird bewirkt, dass der Strom des  $+$  Aussenleiters das Ampèremeter durchfliesst. Nach Ausführung dieser Messung schliesst man wieder den Hebel  $A_2$ , legt dann den Umschalthebel nach unten um und kann nunmehr die Spannung zwischen  $-$  Aussenleiter und Mittelleiter und durch Öffnen von  $A_1$  den Strom im  $-$  Aussenleiter ablesen.



In jenen Fällen, wo die gewöhnliche Belastung sehr schwankend — wie beim Motorbetriebe-, oder die Anlage sehr weit verzweigt und das Einschalten der Beleuchtungskörper mit

grossen Zeitverlust verbunden ist, werden die Prüfklemmen so eingerichtet, dass die Aichungunabhängig von der Netzbelastung ausgeführt werden kann, unter Benutzung besonderer trag- und regulierbarer Belastungswiderstände.

Zwei Ausführungsformen solcher Klemmen der A. E. G. zeigen die Fig. 352 und 353, welche aber technisch vollkommen gleichwertig sind. Die Schaltung der zur Nachaichung benutzten Apparate und der Gang der einzelnen Manipulationen an den Prüfvorrichtungen ist in Fig. 353 und 354 gezeigt. Durch Umlegen der den Prüfvorrichtungen beigegebenen be-

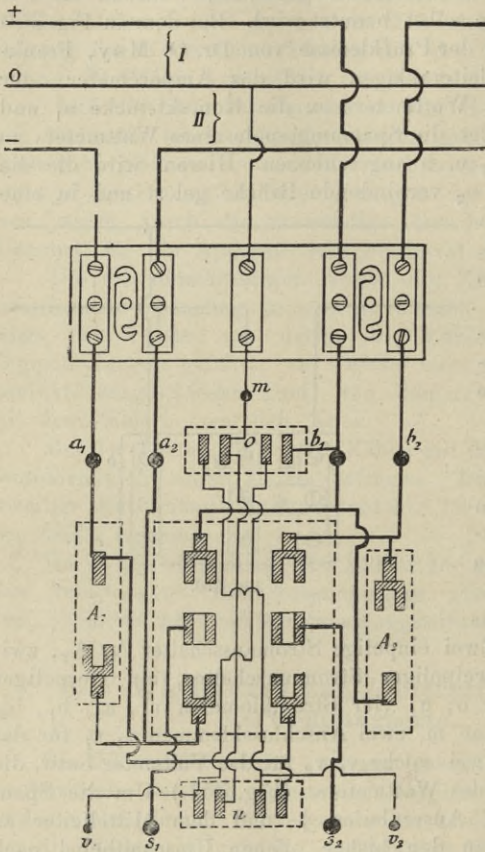


Fig. 351.

weglichen Stege aus einer Stellung in die andere wird nach und nach die erforderliche Schaltung hergestellt. Man erreicht so das Zwischenschalten des Wattmeters, das Kurzschliessen der Installation und das Belasten des Zählers mit dem Widerstand.

Als Belastungswiderstände kommen in erster Linie Glühlampenwiderstände in Betracht, von denen Ausführungen der A. E. G. Fig. 356 und von Hartmann & Braun A. G. Fig. 357 zeigen. Der erstere besteht aus einer Batterie von 28 Lampen, welche in ein leicht tragbares, kofferartiges, mit perforierten Blechen umgebenes Gestell in zwei Gruppen eingebaut sind. Für jede der letzteren ist auf der Aussenseite des Koffers ein Schalter und eine einpolige Sicherung vorgesehen. Der Glühlampenwiderstand von Hartmann & Braun A. G. enthält 20 Lampen in ebenfalls zwei Gruppen. Er reicht für eine Belastung bis zu drei Kilowatt aus.

Die Glühlampenbelastungswiderstände besitzen den Vorteil grosser Billigkeit. Jedoch müssen dieselben, will man grössere Stromstärken erzielen, Dimensionen annehmen, die einen bequemen Transport erschweren. Für genaue Messungen sind sie aus dem Grunde ungeeignet, weil wegen des negativen Temperaturkoeffizienten des Glühlampfadens Stromschwankungen eintreten. Sie erfordern ferner gewisse Unterhaltungskosten, da von Zeit zu Zeit Lampen ausgewechselt werden müssen.

Man ist daher zu einem neueren System übergegangen, welches Manganin- oder Konstantanbänder als Widerstandsmaterial verwendet, deren verhältnismässig grosse Oberfläche eine

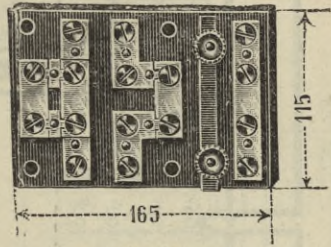


Fig. 352.

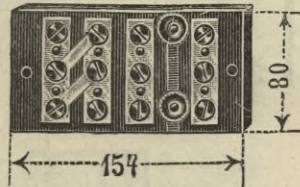


Fig. 353.

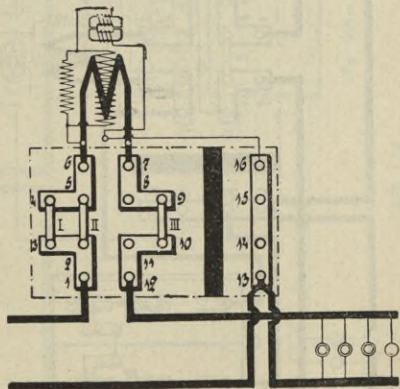


Fig. 354 a.

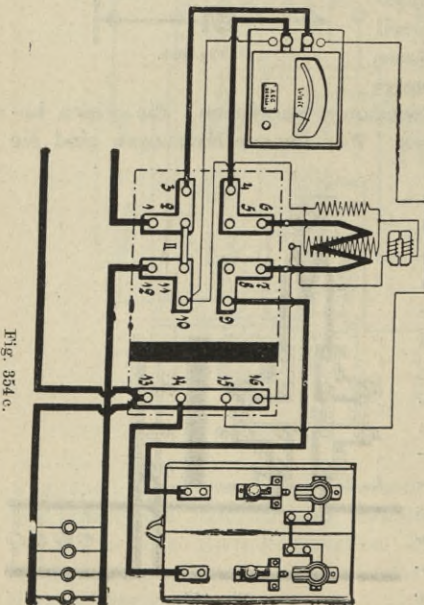
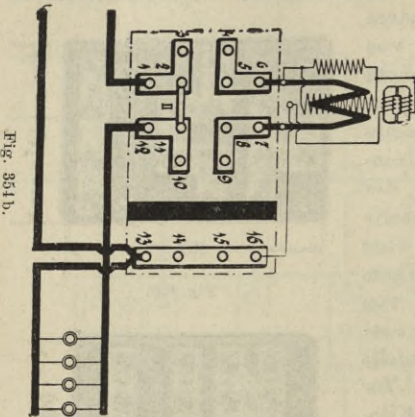


starke Wärmeausstrahlung und damit gute Kühlung des Leiters ermöglicht. Wie bei den Glühlampenwiderständen werden die

gewünschten Belastungsstufen durch Parallelschalten der Bänder bewirkt. Wegen des verschwindend kleinen Temperaturkoeffizienten des Manganins und Konstantans sind Stromschwankungen nicht vorhanden oder nur so minimal, dass sie praktisch nicht in Betracht kommen. Solche Belastungswiderstände werden von der Anstalt für Präzisionsmechanik Max Goergen in München angefertigt und sind bei den Städtischen Elektrizitätswerken dortselbst in Gebrauch.

In Fig. 358 u. 359 sind Ausführungen für 1,1 und 2,5 Kilowatt der Firma dargestellt. Das

Gestell des ersteren Widerstandes besteht aus schwachen Winkelleisen und vier Verbindungsröhren und trägt auf den senkrechten Schmalseiten je eine Stabilitplatte. Auf einer derselben befindet sich ein Schalter mit sechs Kontakten zur Regulierung der Stromstärke. Die Bänder für die grösseren Belastungen sind über Porzellanrollen



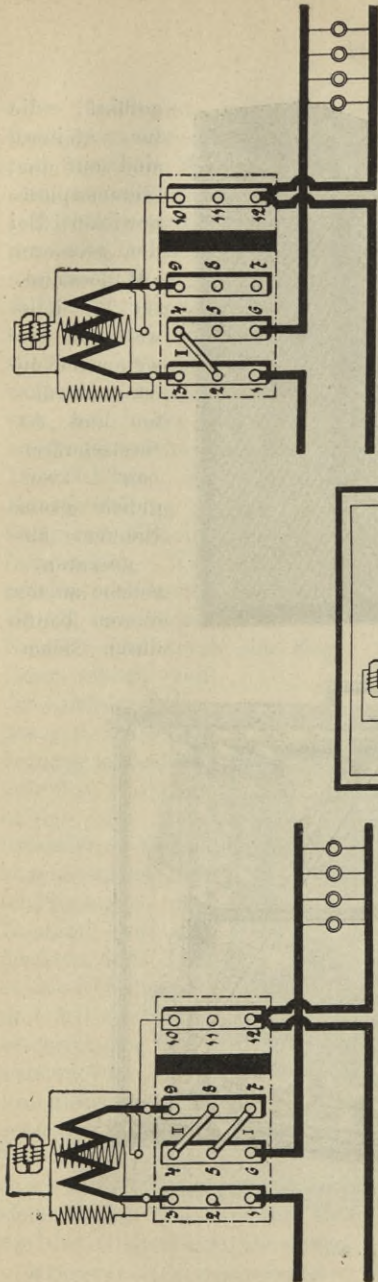


Fig. 355 a.

Fig. 355 b.

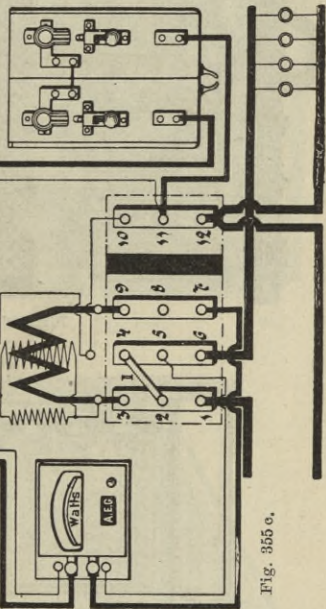


Fig. 355 c.



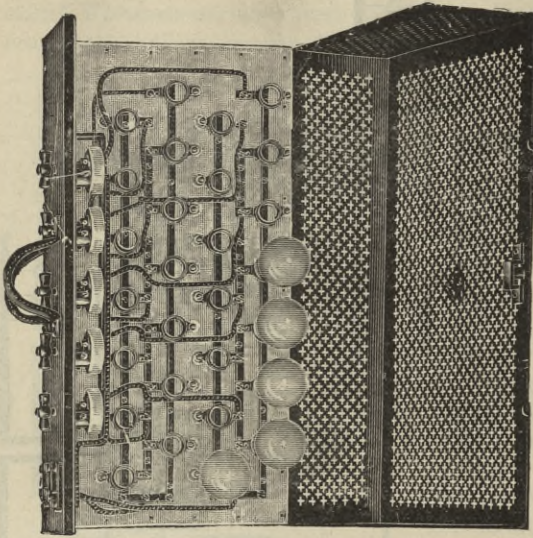


Fig. 356.

geführt, die für kleinere sind auf eine Glimmerplatte gewickelt. Bei dem grösseren Widerstand für 2,5 Kilowatt sind Gewebe von Konstantandrähten und Asbestschnüren auf zwei gleich grosse Rahmen aufgespannt, welche an der oberen Kante durch Schar-

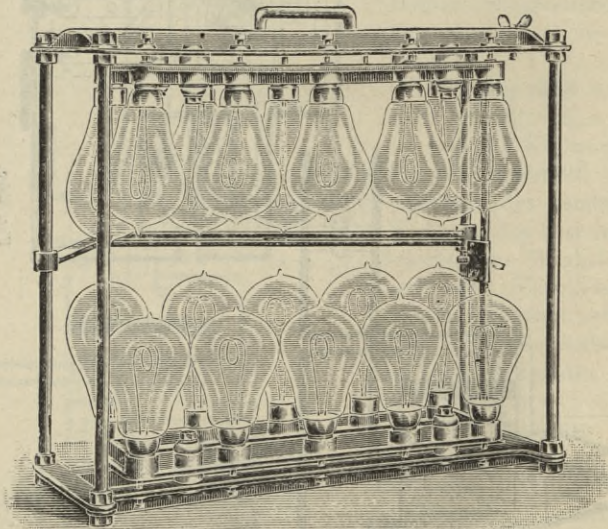


Fig. 357.

niere verbunden sind. Beim Transport liegen beide Rahmen flach übereinander.

Sämtliche Widerstandsabteilungen sind zu Paaren vorhanden und zu zwei gleichen Gruppen parallel geschaltet. Das Einschalten der einzelnen Gruppen geschieht in der Weise, dass mit Hilfe eines gleichsam den Mittelleiter darstellenden Schalters je zwei gleiche Widerstände miteinander und durch weiteres Vorrücken des Schalters auch mit den übrigen elektrisch verbunden werden. Der Schlitten wird in jeder Kontaktstellung durch einen federnden Hebel mit Zähnen festgehalten. Will man ausschalten, so hat man nur den Hebel zu drücken, und der Schalter wird durch eine Zugfeder schnell von den Kontakten weggezogen. Diese Anordnung ist deshalb getroffen, weil sonst infolge des auftretenden Lichtbogens starke Beschädigungen der Kontakte zu befürchten sind. Die beiden Abteilungen sind bei der eben beschriebenen Anordnung für 220 Volt hintereinander geschaltet. Für 110 Volt kann man beide Abteilungen parallel schalten und den Strom nach Festklemmen des Schalters mit Hilfe einer kleinen Quetschschraube von der Gleitschiene abnehmen.

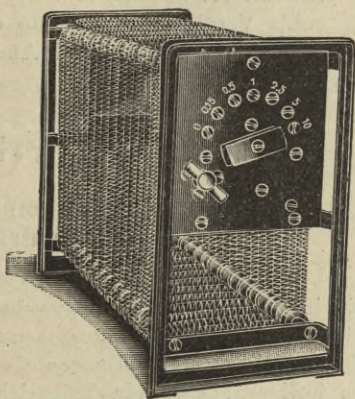


Fig. 358.

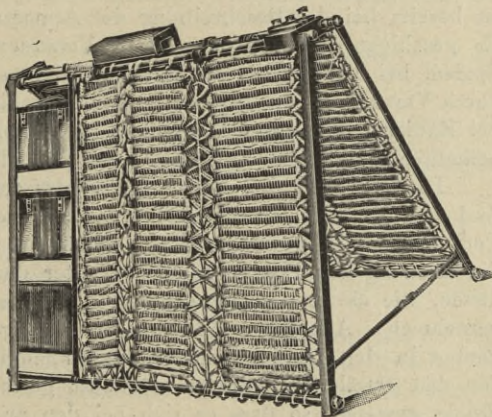


Fig. 359.

beide Abteilungen parallel schalten und den Strom nach Festklemmen des Schalters mit Hilfe einer kleinen Quetschschraube von der Gleitschiene abnehmen.



Um die Apparate bequem zu transportieren, können dieselben in einem leichten Handkoffer untergebracht werden.

Transportable Belastungswiderstände des beschriebenen Systems stellt die Firma Max Goergen in München bis zu 8 Kilowatt als Spezialität her.

Als Vergleichsinstrumente werden transportable Wattmeter oder kombinierte Volt- und Ampèremeter, selten Normalzähler verwendet.

## C. Aich- und Prüfungsverfahren.

### 1. Allgemeines. Systemprüfungen und Prüfungsverfahren der Prüfämter.

Sind die Zähler in der Werkstatt fertiggestellt, so wandern sie in die Aich- und Justierräume der Fabriken, wo sie einer eingehenden Prüfung unterzogen werden. Zunächst handelt es sich darum, die richtige Konstante einzustellen, d. h. den Zähler so zu justieren, dass ein Teilstrich des Zifferblattes dem vorgeschriebenen Werte entspricht. In welcher Weise dies zu geschehen hat, hängt von der Konstruktion des Zählers ab und ist bereits bei der Beschreibung der Apparate erwähnt worden. Es geschieht dies meistens durch Veränderung der Lage der Spulen, bei den meisten Motorzählern und oscillierenden Zählern durch Verstellung der Bremsmagnete in radialer Richtung oder bei Zählern, die im Nebenschluss zu einem im Hauptstrom befindlichen Widerstande liegen, durch Veränderung des letzteren.

Die Angaben der Elektrizitätszähler sind bei den meisten Systemen von der jeweiligen Temperatur, Betriebsspannung und Periodenzahl in gewissem Masse abhängig. Man muss daher die Aichung der Zähler möglichst unter den gleichen Verhältnissen, wie sie an der Verwendungsstelle des Zählers herrschen, vornehmen. Allerdings sind die Bestrebungen der Zählerfabrikanten in den letzten Jahren, die Abhängigkeit der Angaben von den erwähnten Grössen möglichst gering zu machen, von Erfolg gewesen, so dass es sich bei den an der Verwendungsstelle vorkommenden Veränderungen der Temperatur, Betriebsspannung und Periodenzahl nur um zu vernachlässigende Grössenänderungen der Zählerkonstanten handelt. Eine von diesen Einflüssen herrührende Grenze der Konstantenänderung ist durch die „Prüfordnung für elektrische Messgeräte“ nicht

festgelegt worden. Dr. J Sahulka\*) schlägt vor, dieses Mass mit  $0,15\%$  Änderung des Wertes der Zählerkonstanten pro  $1^{\circ}$  C. Temperaturänderung und pro  $1\%$  Änderung der Betriebsspannung oder Periodenzahl festzusetzen.

Über das zulässige Mass der Änderung der Konstanten in Abhängigkeit von der Belastung wurden bereits Eingangs des zweiten Teils die erforderlichen Angaben gemacht.

Sämtliche Prüfungen müssen mit aufgesetztem Gehäuse ausgeführt werden, da die Erwärmungsverhältnisse wesentlich hiervon abhängen. Vor der Ausführung der Aichung müssen die Zähler wenigstens eine halbe Stunde an die vorgeschriebene Betriebsspannung angelegt werden.

Die Zulassung zur amtlichen Beglaubigung eines Elektrizitätszählersystems erfolgt nach einer Systemprüfung durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Diese Systemprüfung besteht laut § 3 der Prüfordnung für elektrische Messgeräte, soweit sie nicht nach den bisherigen Erfahrungen der Reichsanstalt teilweise entbehrt werden kann, in einer Untersuchung der eingereichten Apparate in der Reichsanstalt und in einer Erprobung des Systems im praktischen Betriebe.

Die Untersuchung erstreckt sich im wesentlichen auf folgende Punkte:

1. Verbrauch elektrischer Leistung im Apparat.
2. Abhängigkeit der Angaben
  - a) von der Stärke des Hauptstromes.
  - b) von der Stärke des Nebenschlussstromes.
3. Verhalten bei Überlastung, bei Rückstrom und Leerlauf.
4. Einfluss der Temperatur.
5. Einfluss magnetischer Felder.
6. Einfluss der Aufhängung.
7. Für Wechselstromzähler: Einfluss verschiedener Periodenzahlen- und Phasenverschiebungen.

Hierzu treten noch solche Untersuchungen, welche entsprechend der speziellen Verwendung des Zählers geboten erscheinen. So ist es beispielsweise bei in Strassenbahnwagen zu verwendenden Apparaten notwendig, den Einfluss von Erschütterungen zu prüfen.

Der Energieverbrauch in den einzelnen Stromkreisen kann bei Gleichstromzählern in einfachster Weise durch Messung von

---

\*) Z. f. E. 1899 S. 483.



Stromstärke und Spannung oder von Widerstand und Spannung ermittelt werden. Bei Wechselstromzählern ist diese Methode wegen der Impedanz der Spulen nicht mehr anwendbar. Am raschesten lässt sich die Bestimmung des Eigenverbrauchs im Nebenschlusskreis mit einem kleinen Wattmeter durchführen\*), dessen Hauptstromspule bei offenem Belastungskreis in die Hauptanschlussleitung gelegt wird, ohne dass der Anschluss der Spannungsspule von der Zuführungsklemme getrennt wird; die Spannungsspule des Wattmeters liegt an den Enden der Nebenschlusswicklung des Zählers. Allerdings darf hierbei eine Korrektur der Wattmeterangabe wegen des Stromverbrauchs der Wattmeter-Spannungsspule nicht vergessen werden, da deren Verbrauch bei so kleinen zu messenden Grössen schon ins Gewicht fällt.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt misst den Energieverbrauch im Nebenschluss bei Wechselstromzählern nach der Dreivoltmetermethode.\*\*) Vor den Nebenschlusskreis wird ein auf Glimmer gewickelter Widerstand R aus Konstantanbändern passender Grösse geschaltet. Um die drei Spannungsmessungen mit nur einem Spiegelelektrometer durchführen zu können, werden zum Widerstande R und zum Nebenschlusskreise grosse induktionslose Widerstände  $w_1$  und  $w_2$  ( $w_1 + w_2$  ist ca. 300 000 Ohm) parallel geschaltet. Durch Messung der Spannungen an einer Unterabteilung von  $w_1$  und  $w_2$  erhält man die Spannungen  $E_1$  und  $E_2$  an den Enden von R und des Nebenschlusskreises des Zählers. Die Gesamtspannung an den Enden von Widerstand R und Nebenschlusskreis E wird in der Weise gemessen, dass die Verbindung der hintereinandergeschalteten Widerstände  $w_1 + w_2$  mit dem Verbindungspunkt von R und der Voltspule des Zählers gelöst wird. Durch eine Spannungsmessung an einer passend gewählten Unterabteilung von  $w_1 + w_2$  erhält man dann E. Der Effektverbrauch in Nebenschlusskreise und Widerstand  $w_2$  ist nun, da vor diesem noch der Widerstand

$\frac{w_1 \cdot R}{w_1 + R}$  liegt:

$$\frac{E^2 - E_1^2 - E_2^2}{2 \cdot \frac{w_1 R}{w_1 + R}}$$

\*) s. E. T. Z. 1902, S. 173.

\*\*) s. E. T. Z. 1901, S. 98.

Von dieser Grösse ist noch der im Widerstand  $w_2$  verbrauchte Effekt  $\frac{E_2^2}{w_2}$  abzuziehen. Folglich erhält man für den Energieverbrauch im Nebenschlusskreise:

$$\frac{(E^2 - E_1^2 - E_2^2) \cdot (w_1 + R)}{2w_1 \cdot R} - \frac{E_2^2}{w_2}$$

Die Bestimmung der Abhängigkeit der Angaben von der Belastung läuft auf die Ermittlung der Konstanten (s. später) bei verschiedenen Stromstärken hinaus. Während die Angaben der Pendelzähler bei allen Stromstärken diesen fast vollkommen proportional sind, zeigt sich bei Motorzählern und oscillierenden Zählern, dass die Angaben bei kleinen Stromstärken geringer sind, als der wahre Wattverbrauch. Den Charakter der Abhängigkeitskurve zeigt die Linie *c* in Fig 236. Es ist dies, wie schon bei Besprechung der Bremsen hervorgehoben wurde, eine natürliche Folge der Reibung in den Lagern.

Bei Drehstromzählern für ungleichmässige Belastung werden natürlich nicht alle möglichen Kombinationen hergestellt, sondern nur einige extreme Fälle der Belastungsverschiedenheit herausgegriffen.

Die Bestimmung der Abhängigkeit der Angaben von der Stärke des Nebenschlussstromes geschieht in der Weise, dass man bei normaler Belastungsstromstärke die Konstante bei 10—15% Spannungserhöhung und Erniedrigung bestimmt und gleichzeitig konstatiert, ob ein Leerlauf bei ca. 25% Spannungserhöhung stattfindet.

Um das Verhalten der Apparate bei Überlastung kennen zu lernen genügt in den meisten Fällen eine solche von 20%, wie sie im praktischen Betriebe dauernd wohl kaum vorkommt. Hieran schliesst sich ein Versuch bei Kurzschluss an. Dieser wird in der Weise ausgeführt, dass man vor den Zähler eine Sicherung von der normalen Stromstärke legt und nun Kurzschluss im Belastungskreis herstellt. Dies wird mehrere Male wiederholt und dann wieder die Konstante des Apparates bestimmt. Dieser Fall der auch in der Praxis vorkommen kann, übt vor allem einen Einfluss auf die permanenten Magnete aus, so dass die Konstante sich oft um 10% und mehr ändert, welcher Fehler dann auch beibehalten wird.

Der Einfluss von Rückstrom wird in der Weise ermittelt, dass man die Stromrichtung im Hauptstromkreise oder in den



Nebenschlusskreisen allein und in beiden gleichzeitig wendet. Die Prüfung bei Leerlauf soll ergeben, dass der Vor- oder Rücklauf des Zählers nicht einen gewissen Betrag überschreiten soll. Als Verkehrsfehlergrenze ist ein halbes Hundertel des Höchstverbrauchs, für welchen der Zähler bestimmt ist, festgesetzt, als Beglaubigungsgrenze gilt die Hälfte dieses Betrages.

Bei der Prüfung bei Leerlauf kann sich sowohl ein Rücklauf als ein Vorlauf des Zählwerks ergeben. Beide Fälle, insbesondere der letztere, sind sehr misslich; denn kaum eine andere Unart kann den Zähler in den Augen des Konsumenten mehr herabsetzen als diese, und Beanstandungen durch den Abnehmer werden stets die Folge eines Vorgehens bei Leerlauf sein. Deshalb müssen bei der Prüfung Leerlaufsangaben besonders sorgfältig festgestellt werden.

Gleichzeitig mit dem Verhalten bei Leerlauf untersucht man die Anlaufstromstärke. Ein aus einer zu hohen Anlaufstromstärke entspringender Fehler benachteiligt immer das Elektrizitätswerk. Für die Beurteilung des Apparates ist die Anlaufstromstärke deshalb von Bedeutung, weil gleichzeitig mit einer Zunahme derselben auch ein Fehler gleicher Grösse für höhere Belastungsgrade vorhanden ist.

Um den Einfluss der Temperatur kennen zu lernen, hängt man den Apparat in einem Raume auf, welcher dauernd z. B. durch elektrische Heizung auf höherer Temperatur gehalten werden kann, und bestimmt bei dieser die Konstante. Die Zu- oder Abnahme der Angaben drückt man pro  $1^{\circ}$  C in Prozenten aus.

Ausführliche Untersuchungen über die Variation der Konstanten von Elektrizitätszählern mit der Temperatur hat G. W. Donald Ricks angestellt.\*) Derselbe setzte die Zähler in einen doppelwandigen Kasten aus Kupfer ein, welcher in einer Holzkiste sass. Der Zwischenraum zwischen Holz- und äusserem Kupferkasten war mit Sand ausgefüllt. Die verschiedenen Temperaturen wurden durch Einführung von warmem Wasser oder einer Mischung von Eis und Salz in die doppelte Wandung hergestellt. Die Kästen wurden bedeckt durch ein Glasfenster, welches bis auf eine kleine Öffnung mit Watte bedeckt war.

---

\*) Vortrag vor der British Association in Toronto s. El. 1897.

Ricks fand, dass bei allen untersuchten Zähler die Konstante proportional mit dem Ansteigen der Temperatur sinkt.

Die Einwirkung des magnetischen Erdfeldes wird in der Weise gefunden, dass man die Konstante bestimmt, wenn die wirksamen Spulen im magnetischen Meridian und senkrecht zu diesem stehen. — Zum Erkennen des Einflusses benachbarter magnetischer Felder werden kräftige Magnete ausserhalb des Gehäuses nahe bei dem Apparate angebracht und bestimmt, ob in den Angaben Abweichungen auftreten.

Schliesslich erfolgt noch die Bestimmung der Konstanten bei Lagenveränderungen des Zählers und zwar bis zu einer Abweichung von ca.  $5^{\circ}$  von der vertikalen Aufhängung.

Zu diesen Versuchen treten bei Wechsel- und Drehstromzählern noch Untersuchungen über die Abhängigkeit der Angaben von der Phasenverschiebung im Stromkreise und der Periodenzahl des Stromes. Das Resultat der ersteren wird in ein Koordinatensystem eingetragen, in welchem die Abscissen die Phasenverschiebungen, die Ordinaten die Fehler in Prozenten sind. Hierbei muss die Aichung bis zu solchen Phasenverschiebungen erfolgen, welche in der Praxis bei leerlaufenden Induktionsmotoren und Transformatoren erreicht werden.

Eine merkliche Abhängigkeit von der Periodenzahl zeigt sich nur bei Induktionszählern, jedoch sind die Abweichungen in den Grenzen der praktisch vorkommenden Schwankungen der Wechselzahl meist ohne Einfluss auf die Genauigkeit der Zähler. Bei der Prüfung genügt es, die Untersuchungen bis zu einer Wechselerhöhung resp. Erniedrigung von ca.  $20\%$  vorzunehmen.

Das Prüfungsverfahren in den mit der Befugnis zu amtlichen Prüfungen ausgestatteten Prüfmännern zerfällt in eine Vor- und Hauptprüfung. Die erstere erstreckt sich lediglich auf eine Untersuchung, ob die Vorschriften für die äussere Beschaffenheit der Zähler erfüllt sind.\*\*) In der Hauptprüfung wird lediglich untersucht, ob die vorgeschriebenen Verkehrsfehlgrenzen (s. S. 24)\*\*\*) eingehalten sind.

Es genügt hierbei, die Zähler bei folgenden Belastungen zu untersuchen:

---

\*) § 11 der Prüfordnung für elektrische Messgeräte.

\*\*) § 13 u. 14 der Prüfordnung für elektrische Messgeräte.



$$\begin{array}{l} \text{Stromstärke.} \\ \text{induktionsfrei.} \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \text{ i max.} \\ 0,6 \text{ i max.} \\ \text{ i max.} \end{array} \right\} \text{Für Gleich-, Wechsel- und Drehstromzähler.} \\ \\ \text{induktiv.} \left\{ \begin{array}{l} \text{ i max. } \cos\left(\frac{+}{-}\varphi\right) = 0,6 \\ \text{ i max. } \cos\left(\frac{+}{-}\varphi\right) = 0,2 \end{array} \right\} \text{oder} \left. \begin{array}{l} \cos\left(\frac{+}{-}\varphi\right) = 0,5 \\ \text{für Wechsel- und Dreh-} \\ \text{stromzähler für gleich-} \\ \text{mässige Belastung.} \end{array} \right\} \end{array}$$

Bei Drehstromzählern für ungleichmässige Belastung sind wieder einige extreme Fälle zur Aichung zu benutzen.

Die Untersuchung erfolgt in der Weise, dass, nachdem die vorgeschriebene Betriebsspannung zur Vorwärmung ca. 1 Stunde angelegt ist die Messungsreihe vorgenommen wird; nach derselben bleibt der Zähler ungefähr 1 Stunde mit seiner maximalen deklarierten Stromstärke belastet, worauf man die Messungsreihe in umgekehrter Reihenfolge wiederholt.

Jede Messung führt man in der Weise durch, dass man erst die Instrumente (Volt-, Ampère-, Wattmeter) abliest, dann die Zeitmessung ausführt und schliesslich wieder abliest. Zur Kontrolle sollen stets wenigstens zwei Messinstrumente eingeschaltet sein.

## 2. Aichen von Pendelzählen.

Zur Aichung schaltet man eine beliebige Anzahl Zähler hintereinander und schliesst die Spulen an die vorhandenen getrennten Strom- und Spannungsquellen an. Die einfachste Aichung ist nun die folgende: Man liest den Stand des Zählers vor und nach dem Einschalten ab. Die Aichung darf jedoch nicht früher unterbrochen werden, bis dass die Abweichung so gross geworden ist, dass die üblichen Ablese- und Beobachtungsfehler prozentual von keinem Einflusse mehr auf das Resultat sein können. Während der Aichung soll daher der empfindlichste Zeiger aus diesem Grunde mindestens einen Umgang ausgeführt haben, wenn irgend möglich aber mehr.

Um die Zeit der Aichung verkürzen zu können, werden meist Hilfszifferblätter angebracht, deren Zeiger nur zur Aichung aufgesetzt werden und eine kleinere Umdrehungszeit haben. Die Differenz der Ablesungen am Zifferblatt des Zählers verglichen mit den Angaben der Normalinstrumente ergibt die

Abweichungen der Zählerangaben vom wirklichen Wattverbrauch und die Konstante des Zählers.

Bei den langpendeligen Aronzählern älteren Systems sind anstatt der Hilfszifferblätter Zeiger angebracht, welche die Schwingungen der Pendel anzeigen und vor der Aichung auf Null gestellt werden. Die Berechnung der Konstanten erfolgt nun folgendermassen.

	Zifferblatt	+	Schwingungen.
Anfangsablesung:	a	+	0
Schlussablesung:	b	+	n
ergibt Strichvoreilung = b — a			
	+		n Schwingungen.

Es wird nun die Strichvoreilung in Schwingungen verwandelt, indem die Differenz  $b - a$  durch eine Zahl  $\sigma$  dividiert wird, welche angiebt, wieviel Strich der Zähler anzeigt, wenn der zu dem voreilenden Pendel gehörige Zeiger den anderen einmal überholt d. h.  $s$  Schwingungen gemacht hat.

Man erhält also die Anzahl der Gesamtschwingungen als

$$\frac{b - a}{\sigma} \cdot s + n = x$$

Die Konstante erhält man nun aus folgendem Ausdruck:

$$c = \frac{e \cdot i \cdot t \cdot a}{x}$$

wobei  $t$  die Zeit in Stunden,  $e$  und  $i$  die Mittelwerte der Spannung und des Stromes während der Beobachtungsdauer,  $a$  eine Zahl, welche angiebt, wieviel Schwingungen ein Teilstrich ist.

Diese Methode der Messung nach Schwingungen eignet sich auch für kleine Belastungen, wo der Zeiger des Zifferblattes nur langsam vorrückt, indem nur die Schwingungen an den Hilfszeigern oder aber die Anzahl Koincidenzen mit dem Auge während bestimmter Zeit beobachtet werden.

Bei den neuen kurzpendeligen Umschaltzählern ist dieses einfache Verfahren nicht mehr anwendbar. Für diese Apparate muss die Beobachtungszeit so lang gewählt werden, wie zwei Umschaltperioden dauern, also ca. 20 Minuten, damit die durch ungleiche Justierung hervorgerufenen Fehler eliminiert werden. Rückt während dieser Zeit der den kleinsten Teilwert des Konsums angegebende Zeiger um eine genügende Anzahl Teilstriche vor, so dass die Ablesungsfehler keinen merklichen Einfluss mehr auf das Resultat ausüben, so genügt die schon vorher



angegebene Beobachtungsmethode, indem man die Differenz der Ablesungen vor und nach der Aichung mit den Angaben der Normalinstrumente vergleicht.

Bei kleineren Belastungen, bei denen das Vorrücken der Zeiger nur sehr langsam erfolgt, würde die Beobachtungsdauer wenigstens 40 oder 60 Minuten für jeden Wert beanspruchen.

Abgesehen davon, dass es unmöglich ist z. B. bei Wechselstromprüfungen eine so lange Zeit Periodenzahl, Spannung und Strom konstant zu halten, würde die ganze Prüfung eine zu lange Zeit erfordern.

In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wird daher eine andere Methode bei kleinen Belastungen verwendet, welche von F. Orlich eingehend beschrieben wurde. \*)

Dieselbe geht von dem Gedanken aus, dass die Grösse, welche vom Zähler registriert wird, von der Differenz der Schwingungszeiten der beiden Pendel abhängig ist. Kann man also die Differenz der Schwingungszeiten direkt messen, so lässt sich daraus durch die Übertragung des Uhrwerkes die Angabe des Zeigers berechnen. Die Differenz der Schwingungsdauer zweier Pendel kann aber dadurch gefunden werden, dass man die Zeiten zwischen zwei gleichsinnigen oder ungleichsinnigen Koinzidenzen misst, d. h. dass man die Differenz der Zeitpunkte bestimmt, zu denen die Pendel in derselben oder in entgegengesetzter Phase schwingen. In dieser Zeit hat dann das eine Pendel bei ungleichsinnigen Koinzidenzen eine Schwingung, bei gleichsinnigen zwei Schwingungen mehr gemacht als das andere.

Wird das rechte Pendel angehalten, so mögen bei unbelastetem Zähler  $a_1$  Schläge des linken Pendels eine Umdrehung des Zeigers am kleinsten Zifferblatt hervorrufen; hält man das linke Pendel an, so möge eine Umdrehung des Zeigers durch  $a_r$  Pendelschläge des rechten Pendels hervorgerufen werden. Es mögen ferner  $n_1$  und  $n_r$  die Zahl der Pendelschwingungen bei offenem Hauptstrom sein,  $n'_1$  und  $n'_r$  die Zahl derselben bei einer bestimmten Belastung vor einer Umschaltung, in welcher Zeit das linke Pendel beschleunigt, das rechte verzögert werde, und  $n''_1$  und  $n''_r$  nach der Umschaltung, nach welcher eine Beschleunigung des rechten und Verzögerung des linken Pendels stattfindet. Es schreitet dann der Zeiger in 1 Sekunde um

---

\*) E. T. Z. 1901 Heft 5.

$$\frac{n'_1}{a_1} - \frac{n'_r}{a_r} \text{ resp. } \frac{n''_r}{a_r} - \frac{n''_1}{a_1} \text{ Umdrehungen}$$

vor resp. nach der Umschaltung vorwärts.

Ist T die Zeit in Sekunden zwischen zwei aufeinander folgenden Umschaltungen, so ist nach zwei Umschaltungen der Zeiger fortgeschritten um:

$$T \left[ \frac{n'_1}{a_1} - \frac{n'_r}{a_r} + \frac{n''_r}{a_r} - \frac{n''_1}{a_1} \right] \text{ Umdrehungen}$$

Ist ferner Z der gesuchte Wert für eine Umdrehung des Zeigers in Wattstunden und  $\mathcal{E}$  der wirkliche Effektverbrauch, so ergibt sich, da der Zähler in  $2 T$  Sekunden

$$X \cdot 3600 T \left[ \frac{n'_1}{a_1} - \frac{n'_r}{a_r} + \frac{n''_r}{a_r} - \frac{n''_1}{a_1} \right] = 2 T \mathcal{E} \text{ Wattsekunden}$$

anzeigt:

$$X = \frac{2 \mathcal{E}}{3600 \left[ \frac{n'_1}{a_1} - \frac{n'_r}{a_r} + \frac{n''_r}{a_r} - \frac{n''_1}{a_1} \right]}$$

Bedeutet nun  $\tau'$  die in Sekunden gemessene Zeit zwischen zwei gleichsinnigen Koinzidenzen vor der Umschaltung und  $\nu'_1$  resp.  $\nu'_r$  die Anzahl Schwingungen des linken resp. rechten Pendels in dieser Zeit, so ist:

$$\begin{aligned} \nu'_1 &= n'_1 \cdot \tau' & \nu'_r &= n'_r \cdot \tau' \\ 2 &= \nu'_1 - \nu'_r = [n'_1 - n'_r] \tau' \end{aligned}$$

oder

$$\delta n' = n'_1 - n'_r = \frac{2}{\tau'}$$

Bezeichnet  $\tau''$  die Zeit zwischen zwei gleichsinnigen Koinzidenzen nach der Umschaltung, so ist

$$\delta n'' = n''_r - n''_1 = \frac{2}{\tau''}$$

$\delta n'$  und  $\delta n''$  können bestimmt werden, da  $\tau'$  und  $\tau''$  messbare Grössen sind.

Führt man aus den beiden letzten Gleichungen die Werte für  $n'_r$  und  $n''_r$  in die Gleichung für X ein, so erhält man:



$$X = \frac{2 \mathfrak{G}}{3600 \left[ \frac{\delta n'}{a_r} + \frac{\delta n''}{a_r} + (n'_1 - n''_1) \cdot \left( \frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_r} \right) \right]}$$

$$= \frac{2 \mathfrak{G} a_r}{3600 \left[ \delta n' + \delta n'' + (n'_1 - n''_1) \left( \frac{a_r}{a_1} - 1 \right) \right]}$$

Nun ist nach Gleichung (. . .) S . . .

$$n'_1 - n''_1 = c \cdot \mathfrak{G}$$

so dass sich ergibt:

$$X = \frac{2 \mathfrak{G} \cdot a_r}{3600 \left[ \delta n' + \delta n'' + c \cdot \mathfrak{G} \cdot \left( \frac{a_r}{a_1} - 1 \right) \right]}$$

Wären das rechte und linke Pendel gleich lang, so wäre der Quotient  $\frac{a_r}{a_1} = 1$ . Dies ist jedoch, wie bereits S. 57 erwähnt, nicht der Fall. Das Verhältnis  $\frac{a_r}{a_1}$  ist bei allen Aronschen Umschaltzählern konstant und zwar ist:

$$\frac{a_r}{a_1} = \frac{89}{91}$$

also:

$$X = \frac{\mathfrak{G} \cdot a_r}{3600 \left[ \frac{1}{2} (\delta n' + \delta n'') - \frac{c}{91} \cdot \mathfrak{G} \right]}$$

$a_r$  und  $a_1$  selbst sind  $\frac{227,5}{9}$  bzw.  $\frac{222,5}{9}$  oder ganze Vielfache dieser Zahlen.

Die Reihenfolge der Messungen ist bei diesem Prüfverfahren die folgende: Man bestimmt zuerst bei festgehaltenem linken Pendel die Anzahl Pendelschwingungen des rechten Pendels, welche notwendig sind, um eine Umdrehung des Zeigers am Zifferblatt zu bewirken. Hierbei erhält man die Zahl, mit welcher  $\frac{222,5}{9}$  zu multiplizieren ist, um den genauen Wert von  $a_r$  zu erhalten. Darauf werden mittelst Arretieruhr oder Doppelzeitschreibers eine Reihe von Zeitpunkten beobachtet, wo

Koincidenzen eintreten. Bei sehr niedrigen Belastungen, bei denen die Koincidenzen langsam folgen, werden die gleichsinnigen und ungleichsinnigen beobachtet, bei höheren Belastungen, also rascher folgenden Koincidenzen nur die gleichsinnigen. Natürlich sind diese Beobachtungen für jede Umschaltperiode zu machen, und gleichzeitig ist zu ermitteln, welches Pendel beschleunigt bzw. verzögert wird. Die Vergleichsinstrumente werden bei jeder Umschaltung abgelesen, so dass man für jede Belastung drei Ablesungen erhält, woraus  $\mathcal{E}$  bestimmt ist.

Aus der Beobachtung der Koincidenzen erhält man  $\tau'$  und  $\tau''$  und aus diesen  $\delta n'$  und  $\delta n''$ .

In der Formel für X ist nur noch c unbekannt. Dies wird bei maximaler Belastung  $\mathcal{E}'$  bestimmt, indem man die Zeit einer bestimmten Anzahl Schwingungen des linken Pendels vor und nach der Umschaltung misst, woraus sich  $n'_1$  und  $n''_1$  ergibt, also c bestimmt ist nach der Gleichung:

$$c = \frac{n'_1 - n''_1}{\mathcal{E}'}$$

### 3. Aichen von Motorzählern und oscillieren den Zählern.

Die Aichung von Motorzählern und oscillierenden Zählern erfolgt in der Weise, dass man die Zahl der Umdrehungen bzw. Oscillationen bestimmt, welche die Zählerachse in etwa drei Minuten ausführt.

Der Sollwert der minutlichen Tourenzahl des Zählerankers wird nach folgender Formel bestimmt:

$$n = \frac{\mathcal{E} \cdot \mu}{60 \cdot 1000 \cdot C}$$

wobei n die Tourenzahl und  $\mathcal{E}$  den Effekt darstellt.  $\mu$  ist gleich dem Übersetzungsverhältnis von Anker und Zählwerk und giebt an, wieviel Touren der Anker zu machen hat, bis der erste Zeiger oder die erste Zahlenscheibe am Zählwerk um eine Einheit fortschreitet. Dieses Übersetzungsverhältnis ist je nach der Kapazität der Zähler diesen angepasst, sodass die Tourenzahl des Ankers bei Vollbelastung des Zählers nicht über eine gewisse Grenze hinausgeht. Die Zahl C bedeutet die auf die Einheit am ersten Zifferblatt zu beziehende Konstante. Diese ist bei allen neueren Zählern 1 oder 0,1; 0,01 u. s. w. Kilo-



wattstunden. Sollte die Konstante in Hektowattstunden angegeben sein, so ist im Nenner anstatt 1000 die Zahl 100 zu setzen.

Hat man nach der vorstehenden Formel die Tourenzahl bestimmt, welche der Anker bei gegebenem Effekt zu machen hat, so legt man die normale Spannung an, belastet den Zähler und zählt die Touren unter Beobachtung einer meist auf der Bremsscheibe angebrachten Marke. Wird mit der Arretieruhr beobachtet, so arretiert man zweckmässig deren einen springenden Zeiger nach der Hälfte, den zweiten nach der vollen Zahl der abzuzählenden Umdrehungen und zwar deshalb, weil man namentlich bei schnellerer Drehung leicht sich im Zählen der Tourenzahl irren kann. Man erhält so jedoch eine einfache Kontrolle. Bei Verwendung des Doppelzeitschreibers kann man einer manchmal vorkommenden Ungenauigkeit bei Beobachtung der Anfangs- und Endzeit dadurch vorbeugen, dass man mehrere aufeinander folgende Zeitpunkte abliest oder bei rascher Aufeinanderfolge den ersten, dritten und fünften der aufeinander folgenden Punkte. Das Mittel aus den beiden äusseren Punkten muss dann mit dem mittleren nahezu übereinstimmen.

Das Zählen der Umdrehungen, sei es nun, dass man mit der Arretieruhr die Tourenzahl direkt beobachtet oder den Chronographenstreifen auszählt, ist sehr lästig und unbequem. Die Prüfung würde sich bedeutend einfacher gestalten, wenn die Zähler mit einem Hilfszifferblatt versehen wären, welches die Zahl der Umdrehungen genau erkennen lässt. F. Orlich\*) schlägt vor, einen Zahn eines Rades, welches in die auf der Motorachse befindliche Schnecke eingreift, in irgend einer Weise zu bezeichnen und die Zähne sich an einer festen, von aussen erkennbaren Marke vorüberbewegen zu lassen. Besitzt das Rad  $z$  Zähne, so würde dadurch jedesmal die  $z$ te Umdrehung unzweideutig markiert sein.

Weicht bei der erstmaligen Aichung die Umdrehungszahl wesentlich, etwa  $10-15\%$  vom Sollwert ab, sodass der Anker etwa statt 60 Umdrehungen in 53 Sekunden 60 Umdrehungen in 70 Sekunden macht, so ist einer von den Dämpfungsmagneten auszuwechseln. In diesem Falle müsste ein Magnet geringerer Intensität eingesetzt werden. Meist tragen die Magnete Zahlen, aus welchen die Relativwerte ihrer Intensitäten ersichtlich sind.

---

\*) E. T. Z. 1901. S. 96.

Kleinere Differenzen werden durch Verstellen der Magnete in radialer Richtung der Scheibe ausgeglichen, wodurch sich das Dämpfungsmoment ändert.

Die Tourenzahl muss bekanntlich bei konstant gehaltener Spannung proportional dem Hauptstrom sein. Wenn keine Reibung in den Lagern u. s. w. vorhanden wäre, würde die Einstellung einer, z. B. der maximalen Belastung genügen und der Zähler bei jeder Belastung richtig zeigen. Durch die Reibungsarbeit, welche bei der Rotation des Ankers vorhanden ist, wird der Zähler bei stetig sinkender Belastung um einen stetig zunehmenden Betrag bekanntlich zu wenig zeigen, weil die Reibung bei abnehmender Leistung immer mehr zur Geltung kommt. Dies war die Ursache der Anbringung eines Zusatzdrehmomentes, welches die Reibung kompensierte und den Anlauf regelte. Es ist also noch die Einstellung des letzteren bei der Justierung notwendig. Die Manipulationen, welche hierzu erforderlich sind, hängen selbstverständlich davon ab, durch welche Vorrichtung das Hilfsdrehmoment erzeugt wird. (Verstellung der Kompensationsspule bei elektrodynamischen Motorzählern, des Anlaufeisens bei den Schuckertschen Induktionszählern u. s. w.).

Bei Induktionszählern für Wechsel- und Drehstrom muss vor dem Einstellen der richtigen Tourenzahl der Zähler zum Wattmeter abgeglichen werden, d. h. die Phase des Nebenschlussstromes so reguliert werden, dass derselbe um  $90^{\circ}$  gegen die ihn erzeugende Spannung zurückbleibt. Es geschieht dies am besten mit Hilfe eines Normalzählers nach der in Fig. 340 beispielsweise für einen Zähler der Firma E. A. G. vorm. Schuckert & Co. (s. S. 136) gezeichneten Schaltung.\*) Der Nebenschlussstromkreis des Normalzählers  $Z_N$ , sowie die Haupt- hufeisen  $H_1$  sämtlicher Zähler werden zwischen 1 und 2 eingeschaltet; nachdem nun nach dem Ampèremeter ungefähr die normale Stromstärke, nach dem Voltmeter  $V$  ungefähr die normale Spannung eingestellt ist, werden die Bürsten  $B_1$   $B_2$  so lange verstellt, bis der Normalzähler still steht, was einer Verschiebung von  $90^{\circ}$  zwischen Strom und Spannung entspricht. Dann wird das Ende von  $H_2$  des Zählers  $Z_1$  mit Hilfe eines biegsamen Kabels  $F$  mit der Schiene 3 verbunden und der Widerstand notiert, der bei  $W$  eingeschaltet werden muss, damit  $Z_1$

\*) E. T. Z. 1898. Möllinger, Über Wechselstromzähler.



ebenfalls stillsteht. Nach diesen gefundenen Abgleichswiderständen werden Widerstandsrollen von derselben Ohmzahl angefertigt, diese in die Zähler eingesetzt und so diese zu Wattmetern gemacht.

Bei Drehstromzählern der Induktortype gestaltet sich die Justierung insofern schwieriger, als eine grössere Anzahl Hauptstromspulen vorhanden sind, welche paarweise oft mit einer Nebenschlusspule zusammenwirken. Dabei haben die Zugkräfte der Hauptstromspulen noch öfters in einem gewissen Verhältnisse zu stehen, so z. B. bei Zählern für Dreiphasenstrom mit

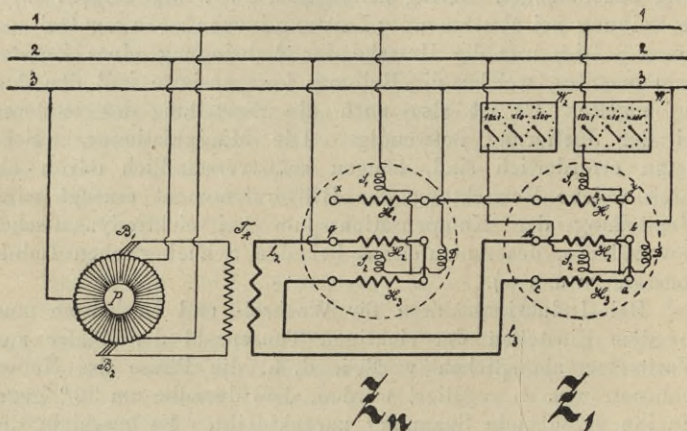


Fig.-360.

Nullleiter nach Schaltung Fig. 220 u. 221. Bei diesen Zählern besteht die Justierung also aus folgenden Manipulationen: 1) Justierung der Phasen der Nebenschlussfelder, 2) der Zugkräfte der einzelnen Hauptstromspulen, 3) Einstellung der Tourenzahl bei Vollbelastung, 4) Einstellung des Anlaufes. Die Einstellung der unter 3 und 4 genannten Grössen geschieht in derselben Weise, wie bereits vorher beschrieben. Die Justierung der Phasen und Zugkräfte sei an einem Beispiel wieder erläutert und zwar an einem Schuckertschen Drehstromzähler\*).

Die Spannungsspulen eines Normalzähler  $Z_N$  (Fig. 360) und der zu justierenden Zähler werden parallel geschaltet und

\*) E. T. Z. 1900 Möllinger, Über Drehstromzähler.

an die drei Leitungen 1, 2, 3 einer Drehstrommaschine angeschlossen. Wie bei den Wechselstromzählern wird den abzugleichenden Nebenschlusspulen je ein Widerstandskasten vorgeschaltet. Die Stromspulen werden unter Zwischenschaltung eines Stromtransformators  $T_A$  gespeist von den Bürsten  $B_1 B_2$  des Phasenreglers  $P$ , dessen Wicklung an dieselbe Drehstromanlage angeschlossen werden kann.

Nachdem die Spannungsspulen angeschlossen sind, werden zunächst die Hauptstromspulen  $H_2$  und  $H_3$  des zu Eichenden Zählers  $Z_1$  mit denjenigen des Normalzählers  $Z_N$  hintereinander geschaltet und durch drehen des Phasenreglers  $P$  der Normalzähler zum Stillstand gebracht. Darauf wird an  $H_2$  so lange reguliert, bis auch  $Z_1$  still steht. Ist dies erreicht, so werden

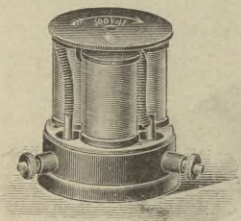


Fig. 361 a.



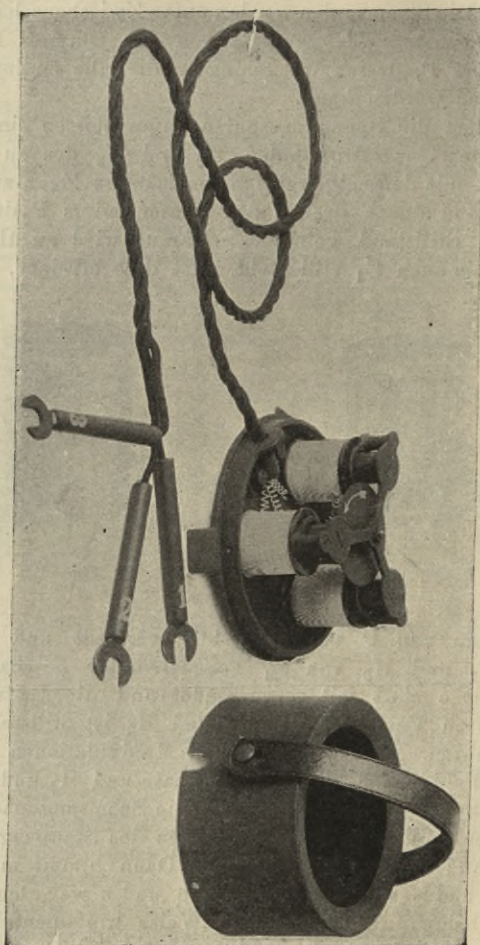
Fig. 361 b.

die Bürsten von  $P$  um etwa  $90^\circ$  verstellt und die beiden Spulen  $H_2$  und  $H_3$  von  $Z_1$  gegeneinander geschaltet, indem man  $b$  mit  $c$  statt mit  $a$  verbindet und die Leitung  $l_3$  an  $a$  anlegt, durch Verstellen von  $H_2$  und  $H_3$  ist Stillstehen von  $Z_1$  herbeizuführen. Durch die beiden Manipulationen ist erreicht, dass das Feld von  $S_2$  die richtige Phase und  $H_2$  und  $H_3$  gleiche Zugkraft besitzen. Jetzt stellt man die Schaltung nach Fig. 360 wieder her und sorgt durch Verstellen des Stahlmagnetes dafür, dass  $Z_1$  und  $Z_N$  synchron laufen. Dann nimmt man die Leitungen  $l_2$  und  $l_3$  von den Punkten  $q$  und  $c$  weg, legt sie an  $xy$  an und bringt auf die gleiche Weise wie oben durch Regulieren von  $W_1$  das Magnetfeld von  $S_1$  in die richtige Phase; dann führt man durch Verstellen von  $H_1$  synchronen Gang von  $Z_1$  und  $Z_N$  herbei. Nach der Justierung werden wieder Widerstandsrollen von der Grösse der gefundenen Abgleichswiderstände in den Zähler eingesetzt.



Anders geschaltete Drehstromzähler werden in ähnlicher Weise geaicht und justiert.

Fig. 362.



Die Aichung von Drehstromzählern für gleichbelastete Phasen geschieht in derselben Weise wie die der Wechselstromzähler.

Für das Funktionieren der Drehstromzähler der Induktortype ist die zeitliche Phasenfolge der drei Spannungen des Systems nicht gleichgültig, indem nur bei bestimmter Phasenfolge die Nebenschlussfelder die richtige Lage erhalten. Ob die bei der Einschaltung eines Zählers gewählte Schaltung die richtige ist lässt sich probieren, indem man mit Glühlampen oder Drosselspulen in einer bestimmten Weise belastet.

Zweckmässiger ist es, sich eines Drehfeldrichtungsanzeigers zu bedienen. Die Konstruktion eines solchen der Firma Siemens & Halske A.-G. zeigt Fig. 361. Der Apparat besteht nur aus drei Elektromagnetkernen, über denen eine Eisenplatte schwebt. An die drei Klemmen des Instrumentes sind die Drehstromleitungen so anzuschliessen, dass sich die Eisenplatte in der Pfeilrichtung dreht. Den Klemmenbezeichnungen entsprechend schliesst man dann die Leitungen an den Zähler an.

Fig. 362 zeigt einen nach demselben Prinzip konstruierten Apparat der E. A. G. vorm. Schuckert & Co.

Die Aichung der oscillierenden Zähler geschieht in derselben Weise wie die der Motorzähler, indem statt der Umdrehungszahlen die Oscillationen gezählt werden.

#### 4. Aichung von Mehrleiterzählern.

Bei Dreileiterzählern müssen die wirksamen Spulen eine solche Lage gegeneinander haben, dass die Konstante denselben Wert hat, wenn nur der eine oder nur der andere Nutzstromkreis belastet ist. Da die Dreileiterzähler stets zwei Hauptstromspulen besitzen, deren je eine in einen der Aussenleiter eingeschaltet ist, so ergibt sich daraus sofort das Justierverfahren, indem man jede Seite des Zählers für sich aicht.

Man legt also zuerst die eine Hauptstromspule an eine Strombatterie an und verbindet die Nebenschlusspule mit einer der vorgeschriebenen Grösse entsprechenden Spannung. Hierbei ist aber darauf zu achten, ob die Nebenschlusspule im Betriebe zwischen die beiden Aussenleiter oder zwischen einen derselben und den Mittelleiter zu liegen kommt. In letzterem Falle ist selbstverständlich nur der Hälfte der deklarierten Aussenleiterspannung zu nehmen. Man stellt nunmehr die vorgeschriebene Konstante etwa durch Verschieben des Bremsmagneten bei Motorzählern ein. Darauf wird die andere Hauptstromspule in den Stromkreis eingeschaltet und dieselbe so lange



verstellt, bis die Konstante des Apparates für diese Belastung denselben Wert hat wie vorher. Dieses Verfahren ist sehr genau, aber sehr zeitraubend.

In anderer Weise kann man die Justierung folgendermassen vornehmen. Die beiden Hauptstromspulen werden in ein und denselben Stromkreis hintereinander so eingeschaltet, dass sie auf die Bewegung des Zählers entgegengesetzt einwirken, und so lange verstellt, bis der Zähler steht bzw. keine sicher wahrnehmbaren Angaben mehr macht. Dann wird der Zähler wie gewöhnlich in richtiger Schaltung geaicht. Das letztere Verfahren ist um den ganzen Betrag der passiven Widerstände bzw. toten Ganges der Werke unsicher.

Eine dritte Methode zur Justierung von Dreileiterzählern wurde von W. Marek-Wien\*) angegeben. Die beiden Hauptstromspulen z. B. eines Dreileiter-Thomson-Zählers werden mit Gleichstrom passender Stärke so beschickt, dass sie auf die Ankerwicklung im entgegengesetzten Sinne wirken. An die Kollektorbürsten legt man ein empfindliches Galvanometer an und versetzt den Anker hiernach mit der Hand in Umdrehung, welche er vermöge der Trägheit der Bremsscheibe längere Zeit beibehält. Hierauf verschiebt man die eine Spule so lange, bis das Galvanometer keinen Ausschlag mehr zeigt. Im Falle man sehr genau arbeiten will, oder wenn die Hauptstromspulen an sich schwache Felder geben, sodass das Erdfeld relativ schon merklich in Betracht kommt, so ist bei der Justierung der Zähler so aufzustellen, dass die Achse der Hauptstromspulen senkrecht auf den magnetischen Meridian zu stehen kommt.

Bei Pendelzählern treten an die Stelle der Rotation des Ankers kleine rasche Vibrationen der Pendel, welche ebenfalls mit der Hand ausgeführt werden. Zur Beobachtung des in der Pendelwicklung erzeugten Stromes ist jedoch ein sehr empfindliches, sehr gut gedämpftes Wechselstromgalvanometer von sehr grossem Trägheitsmomente erforderlich. Die Erzeugung der kleinen Vibrationen des Pendels um die natürliche Ruhelage bietet auch einige Schwierigkeiten. Grössere Schwingungen des Pendels können nur bei einigen Konstruktionen mit mehr homogenen Feldern angewendet werden. Aus diesen Gründen empfiehlt sich die Anwendung dieses Verfahrens bei Pendelzählern nicht und wird auch von W. Marek selbst als im Ganzen umständlich hingestellt.

---

\*) E. T. Z. 1900. Heft 9.

Die Methode wird aber sehr einfach und erfordert nur geringe technische Hilfsmittel, wenn statt des Gleichstroms ein schwacher Wechselstrom benutzt und das Galvanometer durch ein Telephon ersetzt wird. Bei dieser Anordnung bleibt die bewegliche Spule in Ruhe und die Hauptstromspulen werden so lange verschoben bis der Ton im Telephon verschwindet. Mit Vorteil wird bei Motorzählern der Anker gleichzeitig bewegt, wodurch Fehler durch Unsymmetrie der Bewickelung vermieden werden. Pendelzähler müssen beim Justieren ganz genau so aufgehängt sein wie später im Betriebe, da sonst die Pendel eine konstant andere Lage einnehmen würden, die Justierung daher für den Fall der praktischen Verwendung hinfällig wäre.

Bei Fünfleiterzählern soll bekanntlich je eine Spule die doppelte Wirkung einer mitkombinierten ausüben und diese Kombination die gleiche Wirkung mit einer zweiten äquivalenten Kombination. Bei der Justierung ist es daher zuerst erforderlich zu konstatieren, ob je eine der Spulen die doppelte Wirkung je einer mitkombinierten Spule auch ausübt. Zu diesem Zwecke kann man zwei der vorherbeschriebenen Methoden verwenden. Man kann die beiden kombinierten Spulen an eine Stromquelle parallel schalten, so, dass ihre Wirkung entgegengesetzt ist. Darauf reguliert man den Strom in der die grössere Wirkung ausübenden Spule gleich der halben Grösse des in der anderen fliessenden Stromes ein und verstellt die eine Spule so lange bis der Zähler still steht. Besser jedoch benutzt man wieder nach W. Marek ein Galvanometer, legt es bei einem Motorzähler an die Bürsten an und verstellt so lange eine der Spulen, bis das Galvanometer wieder keinen Ausschlag bei einer Rotation des Ankers zeigt. Statt die Einregulierung der Ströme im Verhältnis 1 : 2 vorzunehmen, kann man — und dies ist einfacher — den beiden kombinierten Spulen Widerstände  $r_1$  und  $r_2$ , vorschalten. Sind die Widerstände der Spulen  $w_1$  bezw.  $w_2$  so müssen die Vorschaltwiderstände so gewählt werden, dass:

$$\frac{r_1 + w_1}{r_2 + w_2} = 2$$

ist. Da nun  $w_1$  immer nahe gleich  $2 w_2$  ist, ferner  $w_1$  und  $w_2$  an sich kleine Grössen sind, so ist die Gleichung für praktische Fälle als erfüllt anzusehen, wenn man  $r_1$  bezw.  $r_2$  gross, also er. 100 und 200 Ohm, wählt. Beide Spulen werden parallel aber gegeneinander wirkend an eine passende Spannung angeschlossen. Es fliessen dann in den Spulen Ströme, welche



wieder im Verhältnis 1:2 stehen. Die Abgleichung erfolgt nun mittels Galvanometer, wie vorher beschrieben.

Sind beide kombinierten Spulenpaare abgeglichen, so hat nur noch die Einstellung der Konstanten zu erfolgen wie bei Dreileiterzählern, indem jede Seite besonders geaicht wird. — Statt des Galvanometers kann selbstverständlich auch hier ein Telephon bei Verwendung schwacher Wechselströme benutzt werden. Es ist hierbei jedoch zu beachten, dass die Vorschaltwiderstände vollkommen induktionsfrei und ziemlich gross sind, um die Gleichphasigkeit der Ströme in den verglichenen Spulen zu sichern.

Als Wechselstromquelle hat sich bei den Versuchen W. Marks die sekundäre Spule eines Induktoriums kleinster Type bewährt, dessen primäre Spule so schwach erregt wurde, dass der Unterbrecher gerade ansprach.

Durch die Justierung der Hauptstromspulen auf gleiche Wirkung auf die Nebenschlusswicklung wird nicht erreicht, dass die Konstante des Zählers bei einseitiger Belastung und gleichzeitiger Belastung beider Zweige unverändert bleibt, da durch den veränderten Kraftlinienverlauf und andere sekundäre Erscheinungen Abweichungen auftreten. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese Abweichungen noch weit unter den Verkehrsfehlergrenzen liegen, so dass die Methoden der Justierung hinreichend genau sind.

Bei dem Prüfungsverfahren der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt\*) werden bei Dreileiterzählern zunächst die beiden Hauptstromspulen hintereinander geschaltet und die Messung mit drei Stromstärken genau wie bei Zweileiterzählern durchgeführt. Dann wird mit derselben Stromstärke, welche vorher bei halber Belastung angewendet wurde, zuerst für die eine und dann für die andere Hauptstromspule allein die Prüfung wiederholt.

## D. Fehlerquellen.

### Formulare für Zählereichungen.

Die Elektrizitätszähler können beabsichtigte und nicht beabsichtigte Änderungen erleiden, wodurch ihre Konstante eine

---

\*) s. E. T. Z. 1900. Heft 50.

Wertänderung erleidet. Die Verhältnisse sind aber hier ganz andere als bei Massstäben oder Gewichten, bei welchen schon durch blossen Anblick ersichtlich ist, ob eine Beschädigung bzw. Änderung des Masses stattgefunden hat. Bei Zählern, welche permanente Magnete enthalten, kann sich der Magnetismus derselben ändern, bei Motorzählern kann durch Oxydation des Kollektors oder durch zwischen den Kollektor und die Bürsten eindringenden Staub eine Unterbrechung im Nebenschlusskreise des Zählers bewirkt werden. Bei Zählern mit Eisen enthaltenden Elektromagneten als wirkenden Teilen kann sich die Permeabilität des Eisens ändern. — Ausser solchen unbeabsichtigten Änderungen können die Zähler noch absichtliche durch Verstellung der wirksamen Teile z. B. Bremsmagneten, Änderung des Widerstandes des Nebenschlusses etc. beeinflusst werden.

Beabsichtigte Änderungen sind bei den heutzutage fabrizierten Zählern so gut wie ausgeschlossen, da die Apparate nach der Aichung alle verschlossen und plombiert werden, also für den Unberufenen, unzugänglich sind, ohne dass man eine Beschädigung nicht sofort erkennen müsste.

Die grössten und den Zweck des Instrumentes am meisten schädigenden Fehler sind solche, welche ein Stillstehen oder eine bedeutende Beschleunigung oder Verlangsamung des Ganges zur Folge haben. Dahin gehören vor allem:\*) Gestellbrüche, Grundplattenkrümmungen, Drahtbrüche, schlechte Isolation der Widerstands- und Magnetspulen, Oxydieren, Abschmelzen, Abschaben der Kontakte oder Bildung von Kohle aus dem benutzten Schmieröl durch die Unterbrechungsfunken, vor allem aber mangelhafte Abdichtung gegen Staub und Feuchtigkeit, bei denen fast immer eine Reparatur in der Werkstatt erforderlich ist.

Eine Reihe dieser Fehlerquellen lassen sich leicht beseitigen, so dass ein Auswechseln des Zählers am Verwendungsorte nicht notwendig ist. Zur Befreiung des Zählers von Staub eignet sich am besten ein weicher nicht allzugrosser Haarpinsel. Das Uhrwerk kann bei den meisten Zählern abgenommen werden, und ist so eine Reinigung desselben einfacher. Beim Aufsetzen desselben ist grösste Vorsicht geboten. Insbesondere

---

\*) s. Uppenborn. Kalender für Elektrotechniker. (R. Oldenburg, München und Leipzig).



muss bei Motorzählern darauf geachtet werden, dass sich kein Klemmungen verursachender Grad an der Schnecke oder dem Schneckenrade anstösst, und so wieder eine neue Fehlerquelle bildet.

Zur Reinigung des Kollektors bei Motorzählern werden zuerst die Bürsten behutsam abgehoben und durch Zwischenklemmen eines Stückchen Holzes verhindert, wieder von selbst an den Kollektor heranzugehen. Sodann legt man ein reines Baumwollenband einhalbmal um den Kollektor herum und zieht dieses vorsichtig hin und her, oder aber man überstreicht den Kollektor mit einem in Äther getauchten Pinsel und reinigt durch Hin- und Herziehen eines Leinwandbändchens. Diese Verfahren werden so lange fortgesetzt, bis der Kollektor wieder vollkommen rein ist. Bei Vornahme dieser Arbeit ist ganz besonders darauf Obacht zu geben, dass die Achse nicht durch zu grossen Druck verbogen wird und bei dem Herumlegen des Bandes oder durch nicht beabsichtigtes Heruntergleiten desselben während des Abreibens die Verbindungsdrähte des Ankers zum Kollektor nicht abgerissen werden. Schleifmittel wie Schmirgel, Glas etc. sind unter allen Umständen nicht anzuwenden.

Hat sich bei der Prüfung eine Beschädigung des Lagersteines herausgestellt, so ist zur Auswechslung der Steinschraube der Zähler zuerst zu arretieren. Vor Einsetzen der neuen Schraube ist der Stein mittels Hollundermark sorgfältig auszureiben und nochmals in bereits oben angegebener Weise auf etwaige Sprünge zu untersuchen und mit Öl zu versehen.

Kleinere Änderungen der Konstanten durch Nachlassen des Magnetismus der Bremsmagneten können stets durch Verstellen der letzteren ausgeglichen werden.

Sämtliche Daten der Aichungen, sowie die sich herausstellenden Fehlerquellen werden in Formulare eingetragen. Im Bureau des Elektrizitätswerkes bzw. Prüfamt wird über jeden einzelnen Zähler am besten durch Eintragung der zu verschiedenen Zeiten für denselben Zähler erhaltenen Aichresultate mittels eines zweiten Formulares Buch geführt.

Nachfolgend sind eine Reihe solcher Formulare abgedruckt. Formular A ist für den Zählerkontrolleur bestimmt. Formular B für das Elektrizitätswerk zur Buchführung über jeden einzelnen Zähler. Die Formulare C—I sind Formulare des Laboratoriums der Städtischen Elektrizitätswerke in München.

# Formulare





# Formular C.

**Zähler Nr.** ..... **Syst.** ..... für ..... **V** und ..... **A**

Ort der Prüfung: ..... Tag: ..... 19.....

**Abnehmer:** .....

Stand des Zählers vor der Prüfung ..... **Hwstd.**

" " nach " ..... "

Stromverbrauch während " ..... "

1 **Hwstd.** = .....  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Umkehr} \\ \text{Umdr.} \end{array} \right\}$  beobachtet .....

Sollwert der Konstante ..... **Hwstd.**  $c = 3600$  = ..... **Hwstd.**

Leerlauf oder Stillstand: .....

Lfd. Nr.	Stromstärke <b>A</b>	Spannung <b>V</b>	Teilstrich	Umkehr Umdr. } = Zeit	Verbrauch für 1 Teilstrich
					$c \times A \times V \times \frac{\text{Sek.}}{\text{Umdr.}} = K$
					..... <b>Hwstd.</b>























über

den Bestand an Zählern des Elektrizitätswerkes .....

am .....

Größe	Sch.		A. E. G.		Ar.		S. u. H.		O. K.		Verschied. System.		Zusamm.	
	im	auf	im	auf	im	auf	im	auf	im	auf	im	auf	im	auf
Volt	Betr.	Lag.	Betr.	Lag.	Betr.	Lag.	Betr.	Lag.	Betr.	Lag.	Betr.	Lag.	Betr.	Lag.
110	1×2													
	1×5													
	1×10													
	1×15													
	1×20													
	1×													
	1×50													
	1×100													
	über													
	1×100													
220	1×20													
	1×100													
640	1×10													
	1×20													







Elementare  
**Experimental-Physik**

für  
höhere Lehranstalten

Bearbeitet von

**Dr. Johannes Russner**

Professor an der Königlichen Gewerbe-Akademie  
zu Chemnitz

---

5 Bände in festem Ganzleinenband

Preis jedes Bandes Mk. 3,20

---

- I. Teil: **Mechanik fester Körper.** Mit 164 Abbildungen im Text.
- II. „ **Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper. Wellenlehre.** Mit 249 Abbildungen im Text.
- III. „ **Die Lehre vom Schall (Akustik). Die Lehre vom Licht (Optik).** Mit 279 Abbildungen im Text und einer Spektraltafel.
- IV. „ **Wärme und Reibungselektrizität.** Mit 221 Abbildungen im Text.
- V. „ **Magnetismus und Galvanismus.** Mit 291 Abbildungen im Text.

---

Herr Dr. H. Servus, Oberlehrer und Privatdozent an der Königl. Technischen Hochschule zu Charlottenburg, schreibt über „Russners Experimental-Physik“: Das ganze Werk verdient die weiteste Verbreitung; es ist ein ausserordentlich sorgfältig durchgearbeitetes Werk, in dem alle wichtigen Erscheinungen in klarer und leicht verständlicher Weise bearbeitet sind. Zahlreiche und schöne Abbildungen tragen zu dem Verständnis wesentlich bei, und die theoretischen Erörterungen sind auf dem Boden der elementaren Mathematik klar und ausführlich durchgeführt. Das ganze Werk steht auf der Höhe der physikalischen Forschung und enthält auf dem Gebiete der Elektrizität sogar die neuesten Forschungen über die Telegraphie ohne Draht nach dem Slaby-Arcoschen System. Was aber das ganze Werk ganz besonders aus den vorhandenen physikalischen Lehrbüchern heraushebt, das sind die zahlreichen darin durchgerechneten Aufgaben, die jedem wichtigen Kapitel beigelegt sind. Ein ganz besonderer Vorzug ist auch die Berücksichtigung des absoluten Masssystems, und jede wichtige Grösse findet sich im (c, g, s) System ausgedrückt vor.



Verlag von **GEBRÜDER JÄNECKE** Hannover

---

GRUNDZÜGE  
DER  
**TELEGRAPHIE UND TELEPHONIE**  
FÜR DEN  
GEBRAUCH AN TECHNISCHEN LEHRANSTALTEN

BEARBEITET

VON

**DR. JOHANNES RUSSNER**

PROFESSOR AN DER KÖNIGL. GEWERBE-AKADEMIE ZU CHEMNITZ

---

MIT 423 ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL

---

Broschiert *N* 4.80. Gebunden *N* 5.25

---

Die Deutsche Techniker-Zeitung sagte über das Werk:

Dieses Werk behandelt ein Gebiet, das sich ausserordentlich vielseitig gestaltet hat. Es ist gewiss keine leichte Aufgabe, über die verschiedenen Arten der Telegraphie und Telephonie einen Überblick zu gewinnen. Der Verfasser hat es aber verstanden, nicht nur den ganzen Stoff übersichtlich zu ordnen, sondern auch überall das Wesentliche kurz aber doch verständlich zur Darstellung zu bringen, so dass das Werk nicht zu umfangreich geworden ist. Es dürfte kaum ein ähnliches Werk geben, das die einzelnen, zum Teil recht verwickelten Apparate in gleich anregender und anschaulicher Weise vorführt. Es gilt dies sowohl von den vorzüglichen schematischen Darstellungen als auch von den sorgfältig durchgearbeiteten Beschreibungen, die das Studium dadurch sehr erleichtern, dass die gestellten und gelösten Aufgaben klar entwickelt sind. Der Inhalt des Buches umfasst folgende Hauptabschnitte: Die Telegraphie. Die Kabeltelegraphie. Die mehrfache Telegraphie. Die chemischen und Kopier-telegraphen. Die Funkentelegraphie. Die Haustelegraphie. Die Telephonie. Die Feuerwehr-Telegraphenanlagen. Die elektrischen Uhren. Der Börsen- und Ferndrucker von Siemens & Halske. Der Mehrfach-Typendrucker von Baudot. Der Rowlandsche Mehrfach-Typendrucker. Der Schnelltelegraph von Pollak und Virág. Das wertvolle Werk verdient in Fachkreisen weite Verbreitung und wird sich auch als ein überaus wertvolles Unterrichtsmittel erweisen.

# Das Buch der Berufe

## Ein Führer und Berater bei der Berufswahl

giebt von hervorragenden Fachleuten anziehend geschriebene Gesamtdarstellungen der Hauptberufe des Mannes mit Betrachtung der wissenschaftlichen und persönlichen Voraussetzungen, Beleuchtung des richtigen Studien- und Entwicklungsganges und Belehrung über die materiellen und idealen Aussichten.

**Das Buch der Berufe** will unter dem Motto: „Erkenne dich selbst“ allen den jungen Leuten, die vor dem Abgang von der Schule und vor dem Eintritt in das Leben stehen, ein treuer Mentor sein und dieselben durch guten Rat vor Umwegen und dem Schicksal bewahren, den Beruf zu verfehlen.

### Bis jetzt erschienen die Bände:

I. Band:

**Der Marineoffizier**

Von Eugen Kohlhauser, Korvettenkapitän a. D.

II. Band:

**Der Elektrotechniker**

Von Fritz Süchting, Ingenieur des städt. Elektrizitätswerks Bielefeld.

III. Band:

**Der Ingenieur**

Von Wilh. Freyer, Ingenieur und Lehrer an der höheren Maschinenbauschule zu Hagen i. W.

IV. Band:

**Der Chemiker**

Von Dr. Hermann Warnecke, Chemiker der Chem. Fabrik de Haën, List vor Hannover.

V. Band:

**Der Offizier**

Von Major Faller.

VI. Band:

**Der Arzt**

Von Dr. med. Georg Korn.

VII. Band:

**Der Oberlehrer**

Von Prof. Dr. Friedrich Seiler.

VIII. Band:

**Der Journalist**

Von Dr. Richard Jacobi, Chefredakteur des Hannoverschen Couriers.

IX. Band:

**Der Architekt**

Von Willy Jänecke, Regierungs-Baumeister.

### Weitere Bände in Vorbereitung

Jeder Band in elegantem Leinenband und reich illustriert

**Preis jedes Bandes Mk. 4.—.**



Verlag von Gebrüder Jänecke in Hannover

---

# Besondere Verfahren im Maschinenbau

Aussergewöhnliche Werkzeuge,  
Lehren, Maschinen, Vorrichtungen und Arbeits-  
methoden aus der amerikanischen Praxis

von Ingenieur Dr. Robert Grimshaw

Mit 593 Figuren im Text — Preis brosch. Mk. 5.—, geb. Mk. 6.—.

Die Thatsache, das trotz des in Amerika bei weitem teureren Arbeitslohnes die Arbeit auf einem Stück weniger kostet als in Deutschland, hat den Verfasser veranlasst, dem deutschen Publikum eine Beschreibung mehrerer Hundert der besonderen dortigen Verfahren zu geben, die diese billige Herstellung seitens ihrer Konkurrenten ermöglichen.

---

## Leitfaden für das isometrische Skizzieren

und die Projektion in den schiefen oder sogenannten Kavaller-Projektionen u. s. w.

mit besonderem Bezug auf die

isometrischen Skizzenblöcke

(D. R. G.-M.)

von Ingenieur Dr. Robert Grimshaw

Mit 125 in Text gedruckten Abbildungen. — Preis brosch. Mk. 1.—

Durch diesen Leitfaden sollen die gegen das isometrische Zeichnen sehr häufig gehegten Bedenken zerstreut werden: es sei kompliziert und daher schwer zu erlernen. Der Verfasser beweist vielmehr, dass es mit Hilfe dieses Systems ebensogut möglich ist, Gegenstände jeglicher Art graphisch darzustellen, als mittels der bisher gebräuchlichen.

---

## Winke für den Maschinenbau

in bildlichen Darstellungen besonderer Werkzeuge und Arbeitsverfahren

213 Abbildungen auf 56 Tafeln

mit erklärenden Unterschriften in deutscher, schwedischer, russischer,  
italienischer und ungarischer Sprache

Zusammengestellt von Ingenieur Dr. Robert Grimshaw

Geb. Preis Mk. 3.—

Die Abbildungen, die für den Fachmann keiner weiteren Erklärung bedürfen als ihre Unterschriften, haben den Zweck, den Maschinenfabrikanten bzw. Schlossern oder Mechanikern „Winke“ über besondere Verfahren, Lehren oder Werkzeuge zu geben, die ihnen ermöglichen, die Arbeit billiger, besser und schneller zu leisten als ohne dieselben.

## Elektrisch betriebene Aufzüge, ihr Wesen, Anlage und Betrieb

Mit einem Anhang: Polizeivorschriften und Gebührenordnung

Von **P. Schwehm**, Civil-Ingenieur

Mit 34 Abbildungen

Preis brosch. Mk. 2.20

Der Elektrotechniker (Wien) sagt über das Werk: Das Erscheinen der neuen Polizeiverordnung für Preussen vom 1. April 1901 über die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen veranlasste den Verfasser, eine populär gehaltene Anleitung für Wärter und Führer zu verfassen. Der Text beschränkt sich deshalb nur auf allgemeine Konstruktionsprinzipien, auf die Bedienung und Instandhaltung der Aufzüge und fügt als Anhang die eingangs erwähnten Vorschriften betreffend die Einrichtung, Beaufsichtigung und den Betrieb von Aufzügen an. Der konstruktive Teil beschreibt nach den einleitenden Bemerkungen über das Wesen der Aufzüge die Anordnung derselben, die Aufzugsmaschine, die Aufzugselemente, wie die Seilführung, den Fahrkorb, die Steuerung und endlich die Sicherheitsvorrichtungen. Der Inhalt ist durchaus zweckentsprechend und durch zahlreiche Abbildungen unterstützt. Die weite Verbreitung elektrischer Aufzüge macht dieses zeitgemässe, sachlich gediegene Büchlein jedem Besitzer und Wärter eines derartigen Aufzuges empfehlenswert. L.

---

## Wehranlage u. Elektrizitätswerk Untertürkheim

Nach amtlichen Quellen bearbeitet

von

**Wilh. Müller**, Ingenieur.

Mit 14 Abbildungen, Tabellen, 1 Lageplan und 3 Tafeln

**Broschiert Mk. 3.—.**

Das neue in den Jahren 1900/1902 erbaute Gemeinde-Elektrizitäts- und Wasserwerk bezweckt die Ausnutzung der Wasserkraft des Neckar bei Untertürkheim und ist eine der interessantesten Anlagen ihrer Art, da dieselbe nur auf Grund einer Einigung verschiedener Wasserkraftbesitzer, die ihre Einzelrechte aufgeben mussten, zustande kommen konnte. Allein durch den Verzicht der Werksbesitzer auf ihre Anteile war die Möglichkeit geboten, die bisher getrennten Wasserkräfte von zusammen 120 PS. zu vereinigen und auf eine Wasserkraft von 400—700 PS. effektiv zu erhöhen. Für die abgegebene Wasserkraft hat die Gemeinde Untertürkheim während der Dauer von 100 Jahren unentgeltlich elektrische Energie zu liefern.



**Verlag von Gebrüder Jänecke in Hannover**

---

Die

# FRANCIS-TURBINEN

und

## DIE ENTWICKLUNG DES MODERNEN TURBINENBAUES

in Deutschland, der Schweiz, Österreich-Ungarn, Italien,  
Frankreich, England und den Vereinigten Staaten von Amerika

von

**Wilh. Müller**

Ingenieur

---

Mit 214 Abbildungen im Text, Tabellen, Leistungsuntersuchungen  
und XVI Tafeln ausgeführter Turbinenanlagen

---

**Elegant gebunden Preis Mk. 18.--**

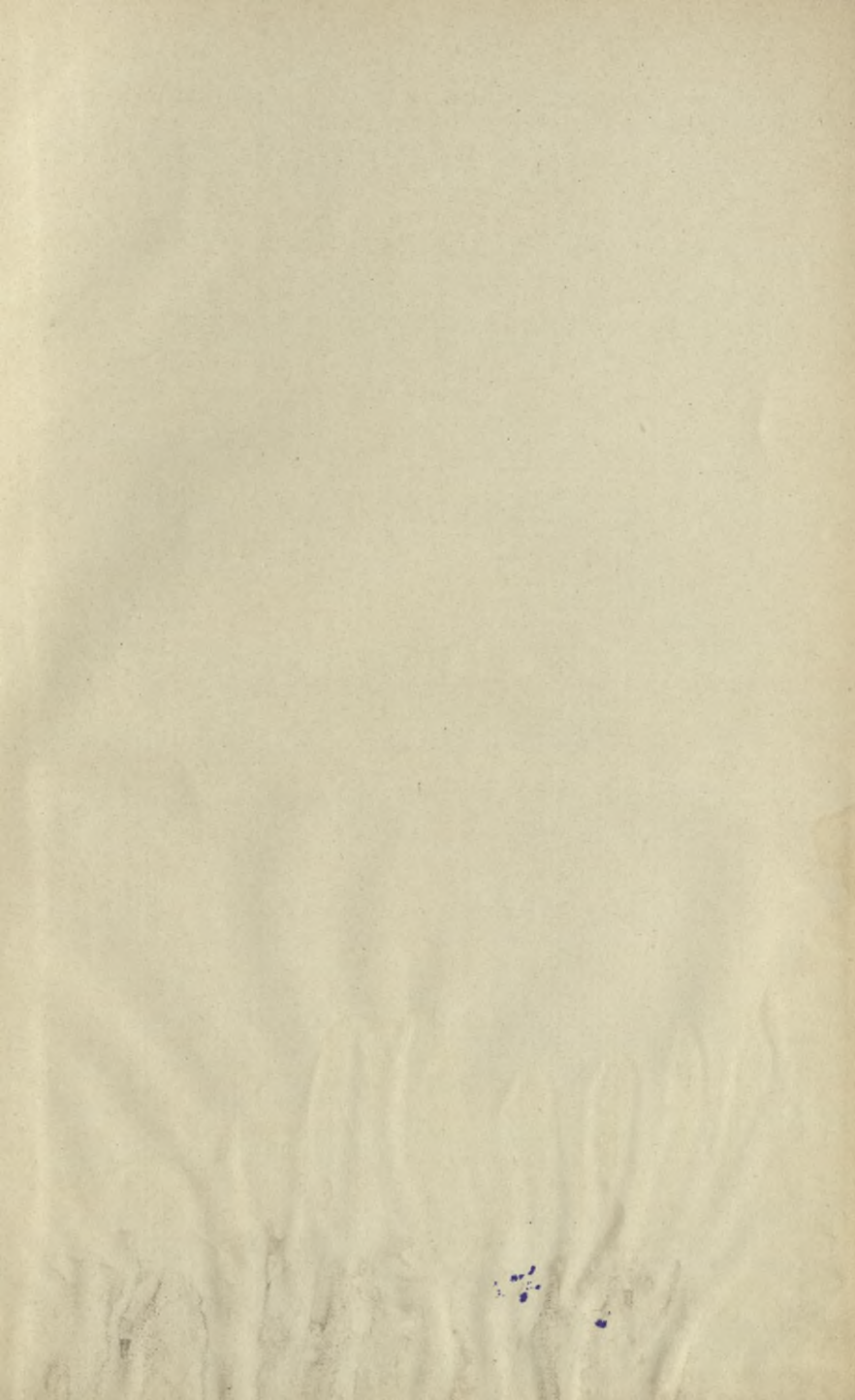
---

Die Schweizerischen Blätter für Elektrotechnik sagten  
über das Werk:

Endlich einmal ein Werk über Turbinen, das sich, im Gegensatz zu den in letzter Zeit vielfach erschienenen theoretischen Abhandlungen über diese hydraulischen Kraftmaschinen, hauptsächlich mit der praktischen Konstruktion beschäftigt. Dass, dem Zuge der Zeit folgend, die Francis-Turbinen am ausgedehntesten behandelt wurden und den einzelnen Regulier-  
vorrichtungen besonderes Augenmerk geliehen wurde, ist sehr erfreulich. Sehr wertvoll sind die der Praxis entnommenen Konstruktionszeichnungen diverser ausgeführter Anlagen, um so mehr, als eine eingehende Kotierung der einzelnen Figuren dieselben richtig zur Geltung bringt. Das Kapitel über die Schaufelung ist besonders gut durchgearbeitet. Für den schweizerischen Ingenieur besonders interessant ist die ausgedehnte Behandlung, die der Verfasser dem schweizerischen Turbinenbau angedeihen liess, indem er in detaillierter Weise sämtliche Konstruktionen dieser Firma behandelt. Dem Turbinenkonstrukteur kann das Studium dieses Buches bestens empfohlen werden.

S-96

67











WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5343

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294807