

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Die Wendepolstreuung und ihre Berechnung auf Grund  
experimenteller Untersuchung**

**Schimrigk, F.**

**Berlin, 1909**

2. Experimentelle Untersuchung der Wendepole

[urn:nbn:de:bsz:31-274856](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-274856)

durch entstehende Fehler wurde experimentell ermittelt und kommt späterhin zur Darstellung. Er liegt seiner Größenordnung nach unter der Fehlergrenze, welche man für derartige Messungen zulassen muß.

## 2. Experimentelle Untersuchung der Wendepole.

Als Versuchsmaschine diente eine Wendepolmaschine der Firma Ernst Heinrich Geist, Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft in Köln<sup>1)</sup>.

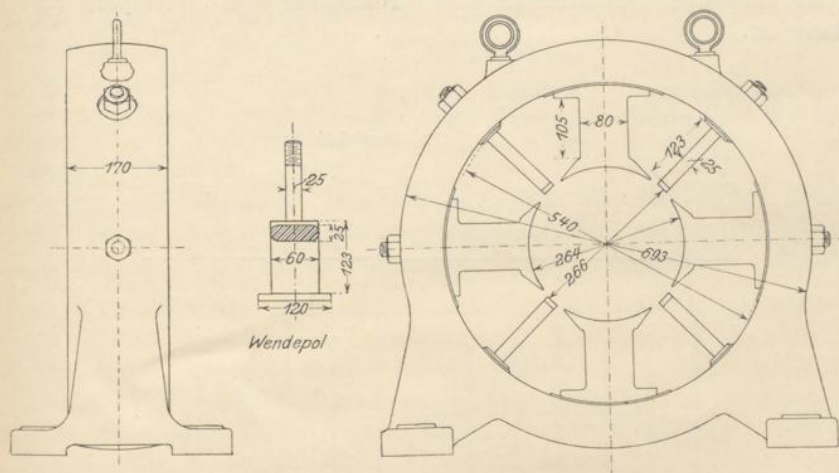


Fig. 4.

Ihre normale Leistung beträgt 12,5 PS bei 950 Touren. Die für das magnetische Verhalten der Maschine wesentlichen Dimensionen sind aus Fig. 4 zu entnehmen. Die übrigen, für die Verfolgung der Untersuchungen notwendigen Daten sind folgende:

Gesamte Länge der Hauptpole und des Ankers	= 120 mm
Wirksame Leiterzahl des Ankers	. . . . . 594
Windungszahl eines Hauptpoles	. . . . . 1430
Windungszahl eines Wendepoles	. . . . . 224

Die Wendepolspulen sind in vier Gruppen parallel geschaltet, ihre normale Erregerstromstärke ist daher  $\frac{1}{4}$  des Ankerstromes. Die auf einen Wendepol entfallende Amperewindungszahl des Ankers ist

$$AW_a = \frac{J_a}{2a} \cdot \frac{\text{wirksame Leiterzahl}}{4p} = \frac{\tau}{2} AS.$$

<sup>1)</sup> An dieser Stelle spreche ich der Firma E. H. Geist für das mir bei Lieferung der Versuchsmaschine bewiesene Entgegenkommen meinen besten Dank aus.

Das Amperewindungsverhältnis  $\frac{AW_w}{AW_a}$  ist bei normalem Betrieb der Maschine 1,5.

Da die Messungen der Kraftflüsse bei stillstehendem Anker vorgenommen wurden und der Versuchswendepol mit der zwei- bis vierfachen Stromstärke beansprucht werden mußte, so waren die Abkühlungsverhältnisse so ungünstig, daß eine Vollbelastung der Maschine nicht durchgeführt werden konnte. Aus diesem Grunde wurde die Maschine nur bis zu 36 bis 42 Ampere belastet, während unter normalen Verhältnissen eine Stromstärke von 50 Ampere zulässig ist.

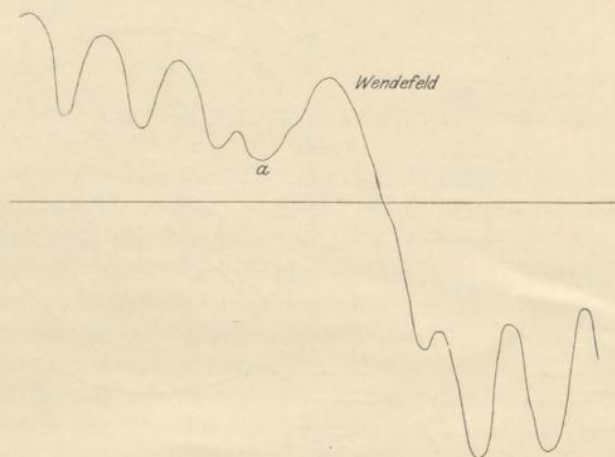


Fig. 5. Feldkurve der Haupt- und Wendepole bei belastetem Anker.  
 $J_a = 24.$      $J_w = 6.$      $i_n = 0,5.$

Wie bereits erwähnt, wurden die Versuche bei unerregten Hauptpolen angestellt. Der Grund für diese Abweichung von den normalen Arbeitsbedingungen ist der folgende:

Während bei unerregten Hauptpolen die Ausdehnung des Wendefeldes scharf begrenzt ist, verwischt bei erregten Hauptpolen diese Grenze zwischen den Polen gleicher Polarität. Die in Fig. 5 dargestellte Feldkurve macht dieses bei *a* deutlich. Sie zeigt das Wendefeld und das Hauptfeld bei belastetem Anker. Ihre Aufnahme erfolgte wie die der übrigen dargestellten Feldkurven bei stillstehendem Anker. Die Schwankungen der Feldkurve sind daher auf den Einfluß der Nuten zurückzuführen.

Ferner bringt der Fortfall der Erregung der Hauptpole eine wesentliche Vereinfachung der magnetischen Verhältnisse mit sich, so daß ihre Übersicht und Verfolgung sehr erleichtert ist.



Naturgemäß ist eine solche Abweichung von den normalen Betriebsverhältnissen nur dann angängig, wenn durch sie kein erheblicher Fehler verursacht wird. Dieses ist, wie nachstehende Messungen lehren, nicht der Fall.

Fig. 6a bringt die Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Hauptpolarregung. Der Luftspalt der Wendepole bei dieser Messung betrug 6 mm. Die Wendepole waren konstant mit 12 Amp. erregt, was etwa der normalen Vollaststromstärke entspricht. Der Anker war stromlos. Wie ersichtlich, ist die Größe des Streukoeffizienten von der magnetomotorischen Kraft der Hauptpole nahezu unbeeinflusst. Der Streukoeffizient zeigt eine sehr geringe Abnahme

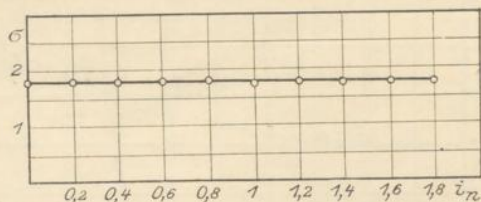


Fig. 6a. Einfluß der Hauptpolarregung auf die Größe des Streukoeffizienten des Wendepoles bei stromlosem Anker.

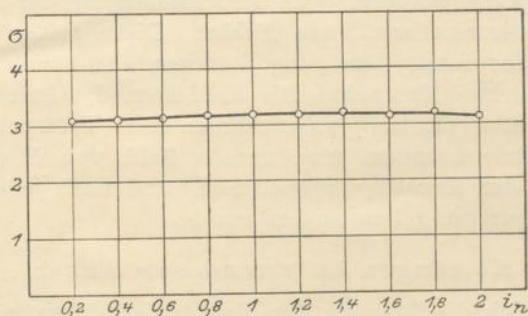


Fig. 6b. Einfluß der Hauptpolarregung auf die Größe des Streukoeffizienten des Wendepols bei belastetem Anker.

mit wachsendem  $i_n$ . Dieselbe Beziehung bei belastetem Anker zeigt Fig. 6b. Der Ankerstrom  $J_a$  beträgt 12 Amp., das Amperewindungsverhältnis  $\frac{AW_w}{AW_a} = 1,5$ . Der Verlauf dieser Kurve lehrt, daß bei geringeren Erregungen der Streukoeffizient etwas größer wird, bei Eintritt stärkerer Sättigungen wieder abnimmt.

Die gesamten Änderungen sind prozentuell sehr gering, der maximale Unterschied gegen die bei  $i_n = 0$  angestellten Messungen beträgt nur ca. 3%.

Um den Nachweis zu erbringen, daß auch die Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Belastung keine wesentliche Beein-

flussung durch die Hauptpolverregung erfährt, kommt diese für  $i_n = 0$  und  $i_n = 0,5$  in Fig. 7 zur Darstellung.

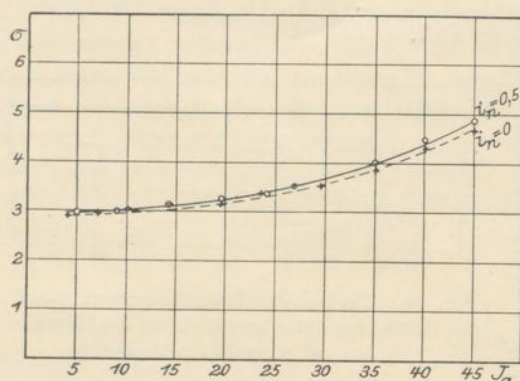


Fig. 7. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Ankerbelastung bei erregten und unerregten Hauptpolen.

Die vorstehend dargestellten Beziehungen dienen lediglich zur Bestimmung der Fehlergrößen, die durch Abweichungen vom normalen Betriebszustand der Maschine in Erscheinung treten. Für die Größe des Streukoeffizienten und die Abhängigkeit von der Belastung sind sie nicht maßgebend. Streufluß wie Nutzstromfluß wurden nämlich mit der großen Meßspule gemessen, ohne Berücksichtigung der dadurch entstehenden, eingangs erwähnten Fehler. Diese Fehler sind unabhängig von der Hauptpolverregung, kommen also für den vorliegenden Zweck nicht in Betracht. Die Meßfehler, die durch unsymmetrisches Eintreten von Hauptpolkraftlinien in die Prüfspule entstehen, wurden eliminiert, indem eine gerade Zahl von Messungen für jeden Punkt der Kurven vorgenommen, und nach jeder einzelnen die Hauptpolverregung kommutiert wurde.

#### Messungen bei stromlosem Anker.

Wenngleich die Streuung der Wendepole bei stromlosem Anker für den Betrieb der Maschine ohne Bedeutung ist, hat sie doch theoretisches Interesse.

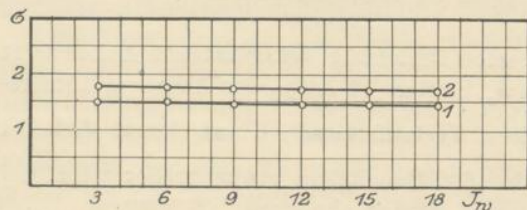


Fig. 8a. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Wendepolverregung bei unbelastetem Anker.

Wie der in Fig. 8a dargestellte Streukoeffizient als Funktion der Erregung zeigt, ist er wesentlich konstant.

Auch die Erregung der Hauptpole ist ohne Einfluß auf seine Größe.<sup>1)</sup> Der Streukoeffizient bei unbelastetem Anker kann daher als eine vom mechanischem Aufbau der Maschine allein abhängige Kon-

<sup>1)</sup> E. Arnold, Gleichstrommaschine, 2. Aufl., Bd. I, S. 567.



stante angesehen werden. Kurve 1 in Fig. 8a zeigt die Größe des Streukoeffizienten bei einem Luftspalt von 3 mm, Kurve 2 bei einem solchen von 6 mm unter sonst gleichen Verhältnissen. Die

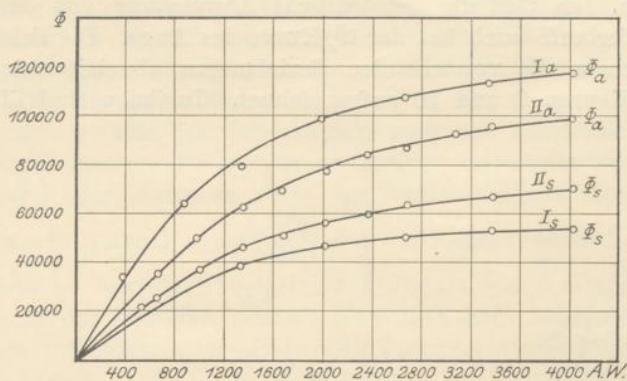


Fig. 8b. Streu- und Nutzkraftfluß der Wendepole in Abhängigkeit von ihrer Erregung bei unbelastetem Anker. I. 3 mm Luftspalt. II. 6 mm Luftspalt.

Länge des Wendepolschuhes ist in beiden Fällen gleich der Ankerlänge. Bei der ersteren Anordnung beträgt der Koeffizient im Mittel 1,47, bei der letzteren erhöht er sich auf 1,73, also um etwa 18%. In Fig. 8b sind die Magnetisierungskurven des Wende-

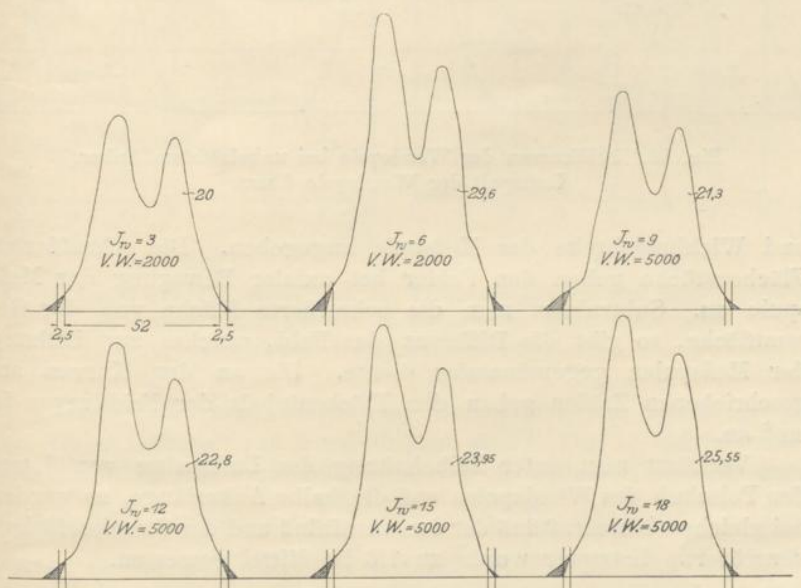


Fig. 9. Feldkurven der Wendepole bei unbelastetem Anker. Luftspalt der Wendepole 3 mm.

polkreises mit dem Streu- und Nutzfluß eines Wendepoles für einen Luftspalt von 3 und 6 mm darstellt. Die Kurven Ia und Is sind bei einem Luftspalt von 3 mm, IIa und IIs bei einem solchen von 6 mm gemessen. Es fällt die beträchtliche Abweichung von dem gradlinigen Verlaufe auch bei der  $\Phi_s$ -Kurve ins Auge. Die Feldkurven, aus welchem die vorstehenden Beziehungen abgeleitet sind, sind in den Figuren 9 und 10 aufgezeichnet. In ihnen sind die Weite

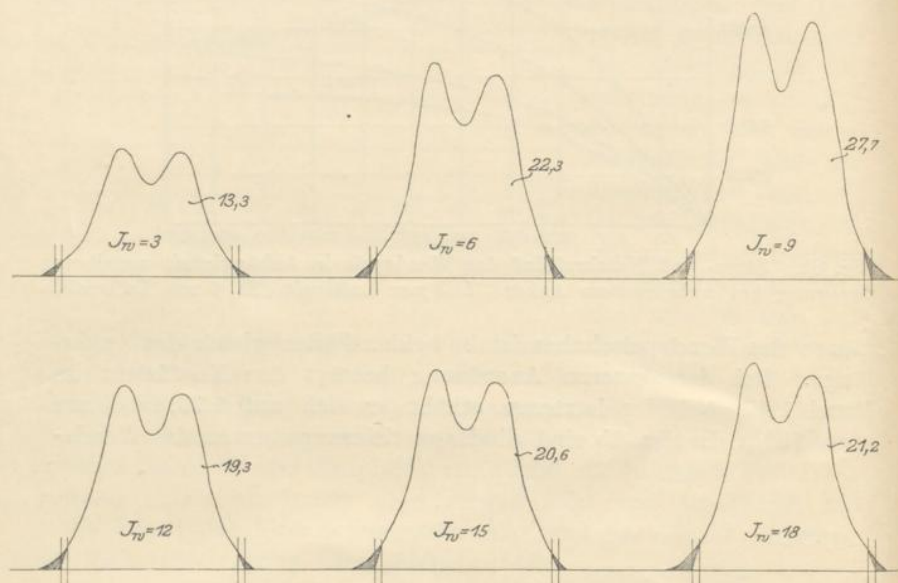


Fig. 10. Feldkurven der Wendepole bei unbelastetem Anker.  
Luftspalt der Wendepole 6 mm.

und Wicklungsbreite der Meßspule angegeben. Die schraffierte Flächenstücke geben den Fehler bei axialer Bewegung der Meßspule an. Subtrahiert man die schraffierte Fläche von der Gesamtfläche, so gibt die Differenz das Feld, welches zur Eichung der Meßspulen gegeneinander diente. Die an den Kurven angeschriebenen Zahlen geben den Flächeninhalt der Feldkurven in  $\text{cm}^2$  an.

Verkürzt man unter Beibehaltung des Luftspaltes von 3 mm den Polschuh des Wendepoles auf die halbe Ankerlänge, so werden bei gleichem Nutzstromfluß der Streukraftfluß und der Streukoeffizient vergrößert. Letzterer wurde zu 1,6 im Mittel gemessen.



## Untersuchungen an der belasteten Maschine.

Bei Belastung des Ankers werden die Streuungsverhältnisse, wie in der Einleitung kurz begründet, wesentlich ungünstiger. Es kommt nun als Faktor von einschneidender Bedeutung das Verhältnis der Amperewindungen des Ankers zum Wendepol in Betracht. Die Art dieses Einflusses weist die in Fig. 11a dargestellte Kurve nach, welche den Streukoeffizienten bei konstantem Ankerstrom als Funktion des Amperewindungsverhältnisses der Wendepole zum Anker darstellt. Wie der Verlauf dieser Kurve zeigt, wächst  $\sigma$  sehr schnell, wenn  $\frac{AW_w}{AW_g}$  sich der Einheit nähert. Fig. 11b zeigt dieselbe Beziehung bei einem Luftspalt von 6 mm.

Die in der letzteren gezeichnete Kurve liegt höher und wächst außerdem mit sinkendem Amperewindungsverhältnis schneller an.

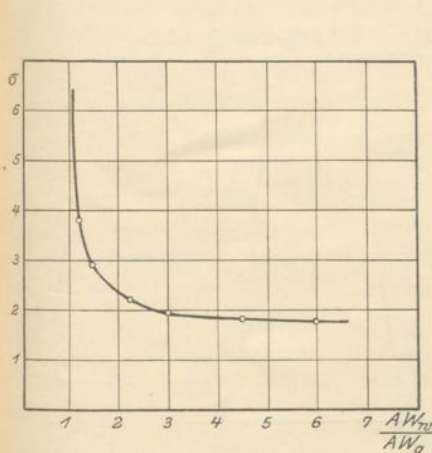


Fig. 11 a.

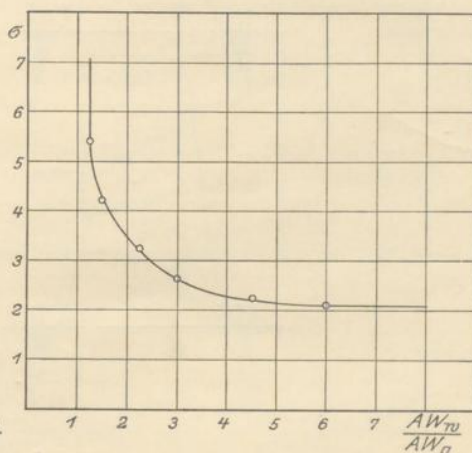


Fig. 11 b.

Fig. 11 a und 11 b. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von dem Verhältnis der Amperewindungen des Wendepoles zu denen des Ankers.

a) Luftspalt 3 mm. b) Luftspalt 6 mm.

Die Feldkurven, welche zur Berechnung der Kraftflüsse  $\Phi_a$  bei einem Luftspalt von 3 mm dienen, sind in Fig. 12 aufgezeichnet. Aus ihnen ist die Veränderlichkeit der Kraftflußausbreitung unter dem Pol bei verändertem  $\frac{AW_w}{AW_g}$  ersichtlich. Die schraffierten Kurvenstücke dienen zur Korrektur des Fehlers bei Messung des Streuflusses der dadurch entsteht, daß Teile des Ankerfeldes mitgeschnitten werden. Wie ersichtlich, ist er unter Umständen nicht



unerheblich. Beim normalen Betriebe der Maschine ist  $\frac{AW_w}{AW_g}$  konstant. Für diesen Fall ist der Streukoeffizient in Abhängigkeit von

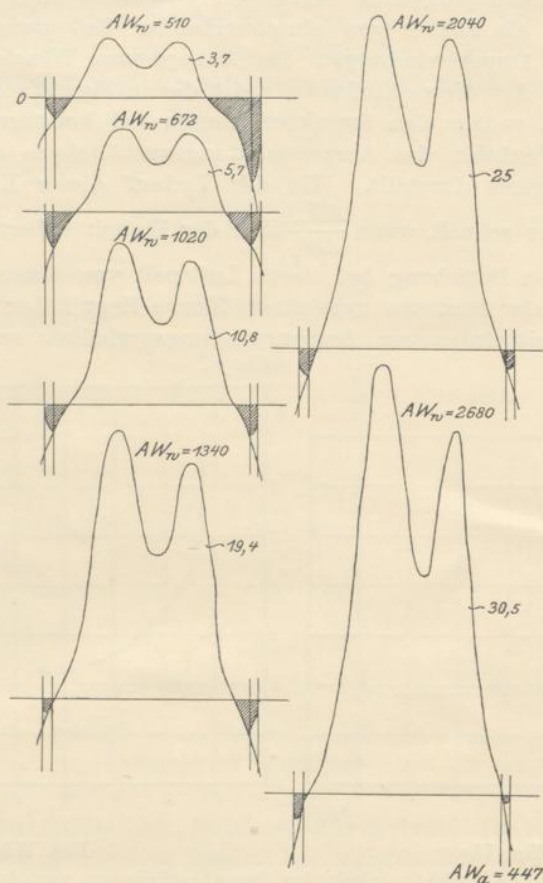


Fig. 12. Feldkurven zur Berechnung des Streukoeffizienten bei wachsendem  $AW_w$  und konstantem  $AW_a$ . Die angeschriebenen Zahlen geben den Inhalt der Feldkurven in  $\text{cm}^2$ . Die schraffierten Flächen dienen zur Korrektur des gemessenen Streufusses. Der Luftspalt des Wendepoles beträgt 3 mm.

der Ankerbelastung in Fig. 13 dargestellt, und zwar gibt Kurve 1 den Streukoeffizienten bei einem Amperewindungsverhältnis von 1,5, Kurve 2 bei einem solchen von 3 an. Der Luftspalt des Wendepoles beträgt 3 mm. Aus dem Verlauf der Kurven geht hervor, daß der Streukoeffizient erheblich mit der Belastung wächst. In den zugehörigen Magnetisierungskurven Fig. 13a und 13b fällt

eine starke Abweichung von der geradlinigen Magnetisierung auf. Diese ist um so beträchtlicher, je höher die Sättigungen des Wendepolkreises sind. Daher ist sie bei der in Fig. 13 b gegebenen Beziehung, wo die Erregung doppelt so stark ist, mehr ins Auge fallend, als in der anderen.

Die Streukoeffizienten, wie sie bei einem Luftspalt des Wendepols von 6 mm unter Beibehaltung der übrigen Verhältnisse gemessen wurden, sind in Fig. 14 aufgetragen. Der Streukoeffizient hat um etwa 65% höhere Werte angenommen.

Bei einem Luftspalt von 3 mm und auf die halbe Ankerlänge verkürztem Polschuh nehmen die Magnetisierungskurven den in Fig. 15 a und 15 b angegebenen Verlauf. Sowohl  $\Phi_a$  wie  $\Phi_g$  weisen infolge des größeren Einflusses der Luftwiderstände bei absolut kleineren Sättigungen einen mehr gradlinigen Verlauf auf, als in den bisher gebrachten Kurven zu beobachten war. Die für

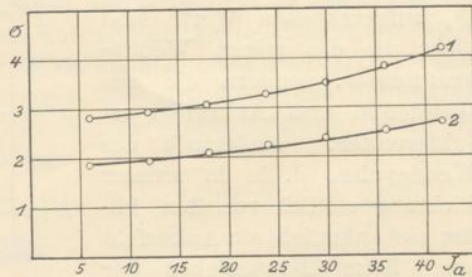


Fig. 13. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Belastung der Maschine. Für Kurve 1 ist  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ , für Kurve 2  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ . Der Luftspalt beträgt 3 mm.

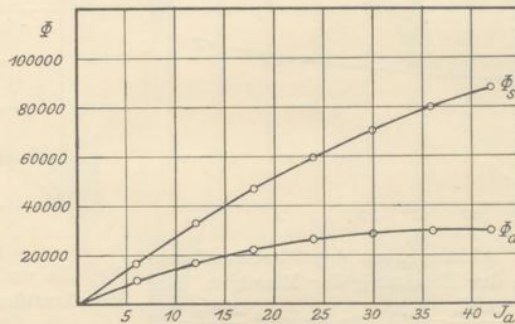


Fig. 13 a.

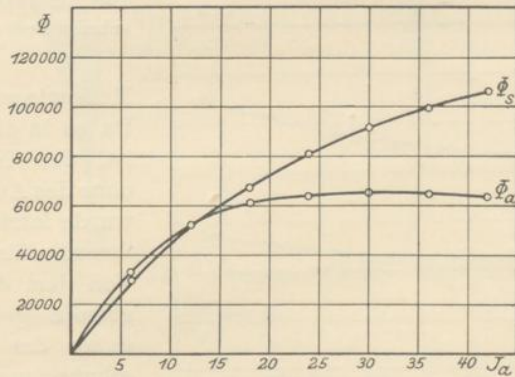


Fig. 13 b.

Fig. 13 a und b. Abhängigkeit des Nutz- und Streukraftflusses von der Belastung der Maschine. Luftspalt der Wendepole 3 mm.

a) bei  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ ; b) bei  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ .



$\Phi_a$  aufgetragenen Werte sind nicht die des reinen Wendekraftflusses, sondern die aus Wendefeld und Ankerfeld resultierenden. Außerhalb des Wendepoles, d. h. in axialer Richtung seitlich von ihm, bildet sich nämlich ein Ankerfeld aus. Beim Herausziehen der

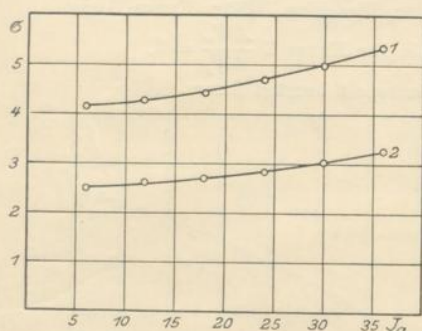


Fig. 14. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Belastung der Maschine. Für Kurve 1  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ , für Kurve 2  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ . Der Luftspalt beträgt 6 mm.

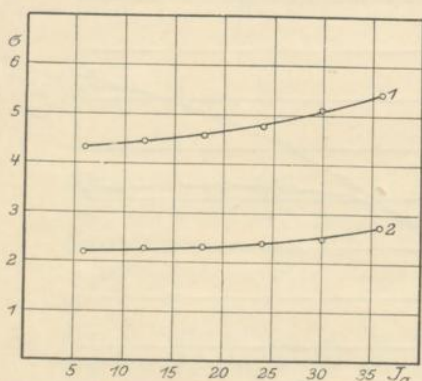


Fig. 16. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Belastung der Maschine. Kurve 1:  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ ; Kurve 2:  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ . Der Luftspalt des Wendepoles beträgt 3 mm. Die Wendepolschuhe sind auf die halbe Ankerlänge verkürzt.

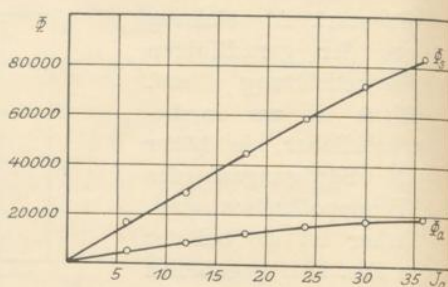


Fig. 15 a.

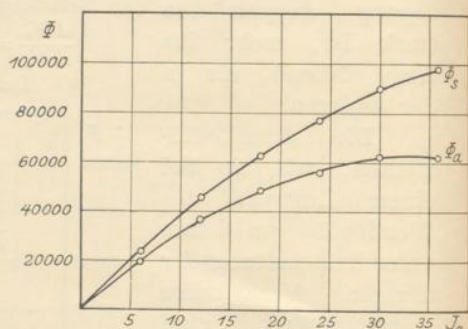


Fig. 15 b.

Fig. 15 a und b. Abhängigkeit des Nutz- und Streukraftflusses von d. Belastung d. Maschine

a) bei  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ , b) bei  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ .

Der Luftspalt beträgt 3 mm. Die Wendepolschuhe sind auf die halbe Ankerlänge verkürzt.

Meßspule wird dieses mit geschnitten. Da es in diesem Falle nicht möglich ist, den Nutzkraftfluß zu messen, ohne das Ankerfeld mit zu schneiden, wurde letzteres mit in die Größe des Streukoeffizienten eingeschlossen. Von dem der Berechnung von  $\sigma$  zugrunde gelegten Nutzkraftfluß ist daher das axial seitlich der Polschuhe ausgebildete Ankerfeld abgezogen. Es hat diese Einbeziehung des Ankerfeldes in den Streukoeffizienten dadurch eine gewisse Berechtigung, daß das aus beiden Feldern resultierende Feld das für die Kom-

mutation und die Wirkungsweise des Wendepols maßgebende ist. Wenn man den Einfluß des Ankerfeldes berücksichtigt, so ist es nicht verwunderlich, daß bei einem kleinen Amperewindungsverhältnis also relativ großem Ankerfeld, der Streukoeffizient erheblich größere Werte annimmt, als bei längerem Polschuh. (Fig. 16.)

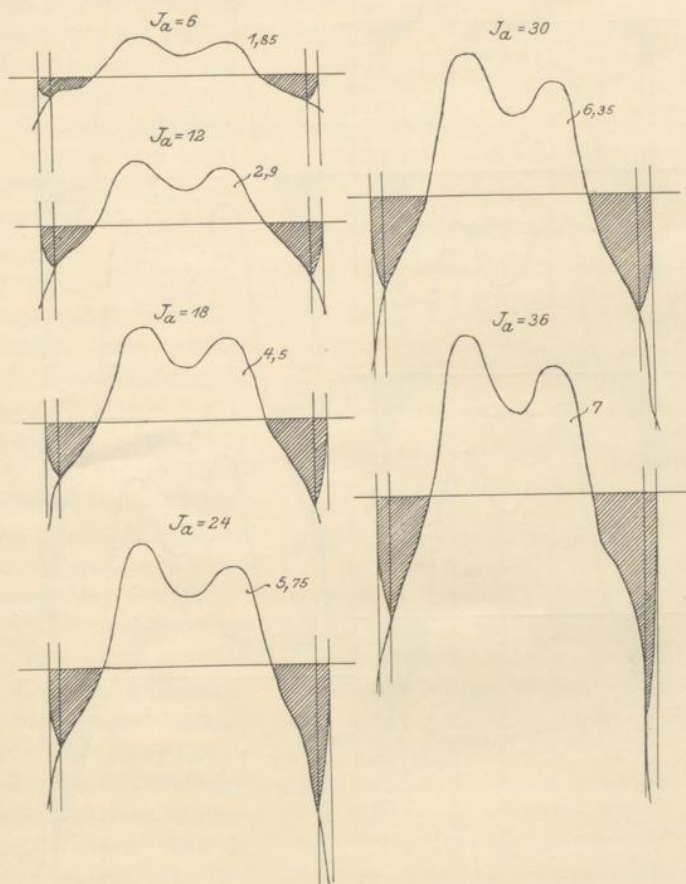


Fig. 17. Feldkurven der Wendepole bei verkürzten Wendepolschuhen.

Luftspalt 3 mm.  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5.$

Bei einem höheren Verhältnis der Amperewindungen erstreckt sich das Wendefeld in axialer Richtung weiter über den Anker, und das Ankerfeld wird an seiner Ausbildung gehindert.

Demgemäß ist für diesen Fall, wie aus Kurve II in Fig. 16 ersichtlich, der Streukoeffizient nur unwesentlich höher als der in



Kurve II der Fig. 13 gezeichnete, welcher bei unverkürztem Wendepolschuh und gleichem Luftspalt gemessen wurde.

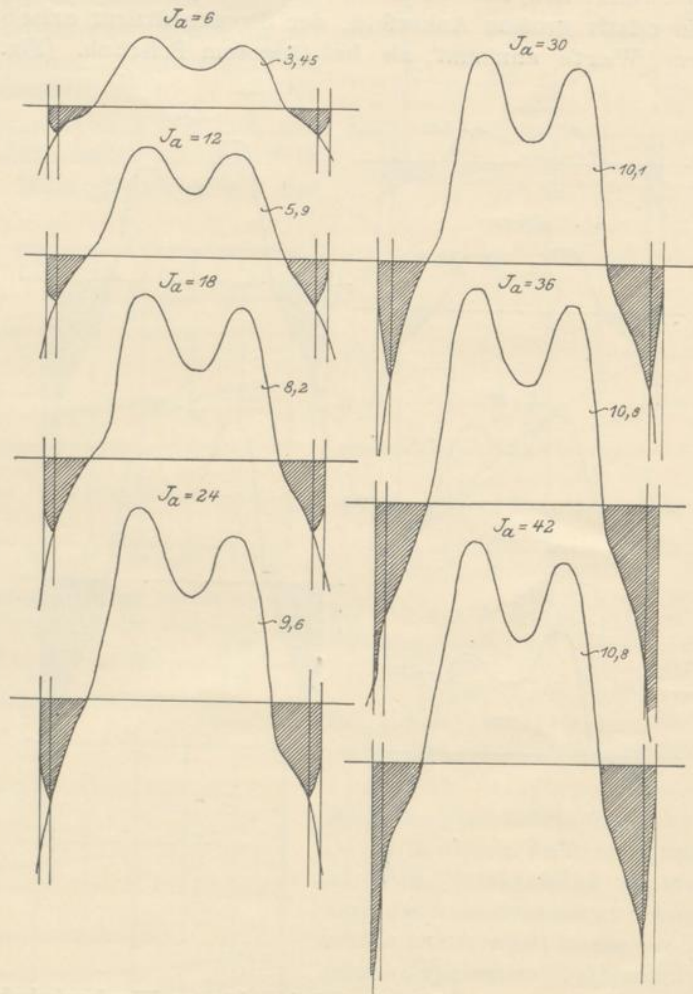


Fig. 18. Feldkurven der Wendepole bei Wendepolschuhen von der Länge des Ankers. Luftspalt 3 mm.  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ .

Die obenerwähnte Ausbildung des Ankerfeldes in der Achsenrichtung seitlich von den Polschuhen, sofern letztere verkürzt sind, wurde durch Aufnahme der Feldkurve außerhalb des Polschuhes experimentell festgestellt. Es zeigte sich ein deutlich ausgebildetes

negatives Feld bei  $\frac{AW_w}{AW_g} = 1,5$ . Bei dem Amperewindungsverhältnis 3 war das Feld außerhalb des Polschuhes bereits positiv, aber sehr klein. Das ist erklärlich, da dieses die Summe aus den nützlichen Streulinien des Wendepols und dem Ankerfeld darstellt. Infolge der Subtraktion des letzteren von dem Wendefeld wird die kommutierende Zone naturgemäß verschmälert, was durch die Feldkurven Fig. 17 bestätigt wird. Zum Vergleich bringen wir die Feldkurven bei voller Polschuhlänge und sonst gleichen Verhältnissen in Fig. 18.

Von Interesse sind ferner noch die Messungen, die an der Maschine vorgenommen wurden, nachdem zwei Wendepole entfernt waren. Die beiden übrigbleibenden Wendepole standen sich gegenüber und wurden gleichnamig erregt. Die Magnetisierungskurven, die unter diesen Verhältnissen aufgenommen wurden, sind in Fig. 19a dargestellt. Ein Vergleich mit Fig. 19b, die den Verlauf bei vier Wendepolen und gleicher Erregung eines Poles darstellt, zeigt, daß das Vorhandensein eines zweiten Poles auf die Größe des Kraftflusses unter dem anderen praktisch keinen Einfluß hat. Auch der Streukoeffizient ist nach Größe und Verlauf in völliger Übereinstimmung mit dem früher (Fig. 14) bei vier Wendepolen, bei gleicher Erregung eines Poles, festgestellten Streukoeffizienten (Fig. 20).

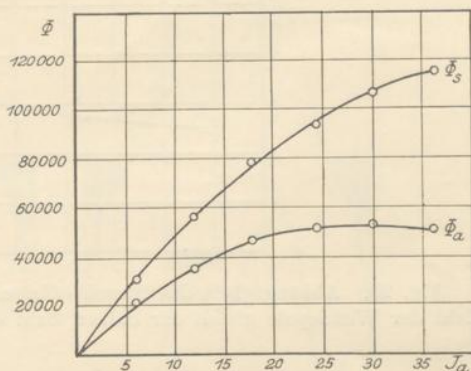


Fig. 19a. Nutz- und Streukraftfluß in Abhängigkeit von der Belastung. Zahl der Wendepole gleich der halben Zahl der Hauptpole.

Luftspalt des Wendepols 6 mm.  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ .

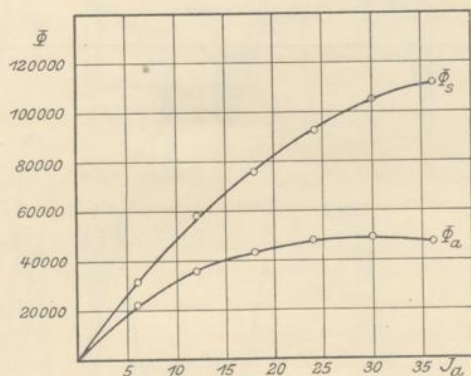


Fig. 19b. Nutz- und Streukraftfluß in Abhängigkeit von der Belastung. Zahl der Wendepole gleich der Zahl der Hauptpole.

Luftspalt des Wendepols 6 mm.  $\frac{AW_w}{AW_g} = 3$ .

stellt, zeigt, daß das Vorhandensein eines zweiten Poles auf die Größe des Kraftflusses unter dem anderen praktisch keinen Einfluß hat. Auch der Streukoeffizient ist nach Größe und Verlauf in völliger Übereinstimmung mit dem früher (Fig. 14) bei vier Wendepolen, bei gleicher Erregung eines Poles, festgestellten Streukoeffizienten (Fig. 20).



Die vorstehend mitgeteilten Messungen wurden bei einer Stellung der Bürsten in der neutralen Zone vorgenommen. Verschiebt man

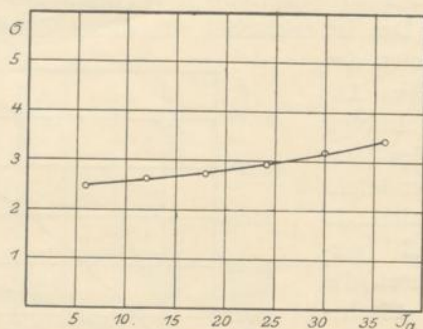


Fig. 20. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Ankerbelastung. Zahl der Wendepole gleich der halben Zahl der Hauptpole. Luftspalt 6 mm.

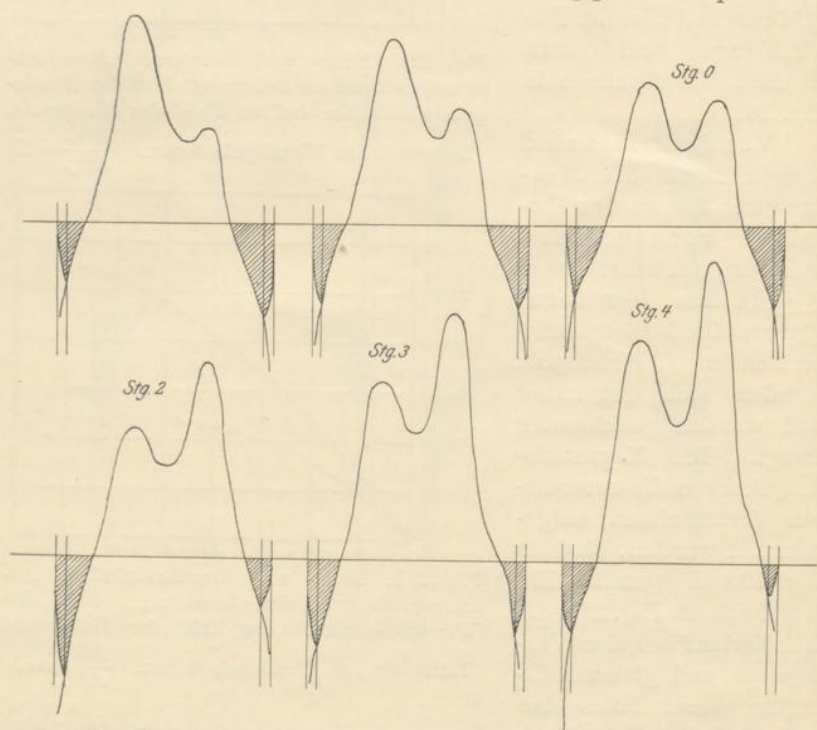


Fig. 21. Feldkurven des Wendepoles bei Bürstenverschiebung. Luftspalt 3 mm.  $J_a = 24$ ;  $J_w = 6$ .

die Bürsten aus derselben, so findet eine Verdrehung der Achse des Ankerfeldes statt. Die aus dem Wendepol austretenden Kraft-

linien sind daher mit ungleichen Gegenamperewindungen verschlungen. Außerdem befinden sich unter den Polen einseitig stromführende Ankerleiter, die eine Quermagnetisierung bewirken.

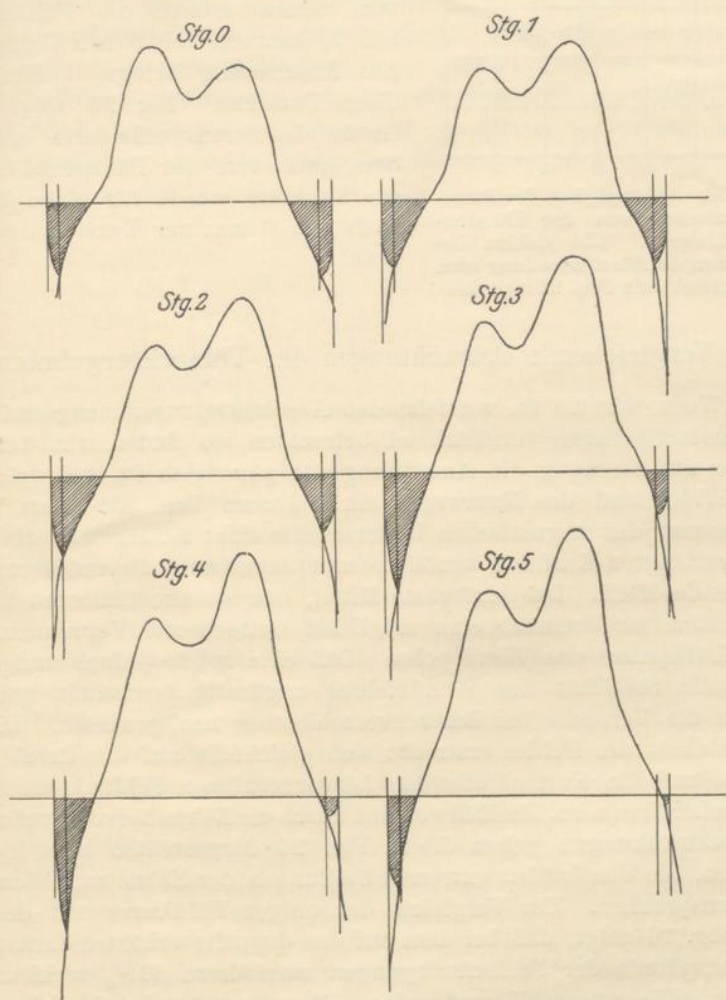


Fig. 22. Feldkurven des Wendepoles bei Bürstenverschiebung.  
Luftspalt 6 mm.  $J_n = 24$ ;  $J_w = 6$ .

Die aus obigen Einflüssen resultierende Verzerrung des Feldes ist aus den Feldkurven in Fig. 21 und 22 zu erkennen. E. Arnold und W. Oelschläger haben bereits auf die Empfindlichkeit, welche das Wendefeld gegen die Verschiebung der Bürsten aus der neutralen Zone zeigt, hingewiesen und auf die günstige Wirkung einer



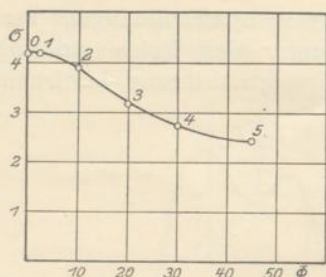


Fig. 23. Abhängigkeit des Streukoeffizienten von der Bürstenverschiebung. Die Zahlen bezeichnen die Bürstenstellung zum Vergleich mit Fig. 22 und 23.

Vergrößerung des Luftspaltes in dieser Hinsicht aufmerksam gemacht.<sup>1)</sup> Die Figuren 21 und 22, von denen erstere die Feldkurve bei 3, letztere bei 6 mm Luftspalt zur Anschauung bringt, bestätigen diese Tatsache. Fig. 23 zeigt die Größe des Streukoeffizienten in Abhängigkeit von der Bürstenstellung; die Funktion wurde für einen Luftspalt von 6 mm zur Darstellung gebracht.

### 3. Vergleichende Betrachtungen der Versuchsergebnisse.

Wenn wir die im vorstehenden Abschnitte zusammengestellten Versuchsergebnisse vergleichend betrachten, so finden wir, daß in bezug auf Streuung die Anordnung die günstigste ist, bei welcher der Widerstand des Nutzweges ein Minimum ist. Mit einer Verkleinerung des magnetischen Widerstandes sinkt naturgemäß die für den verlangten Kraftfluß benötigte und damit auch die auf Streuung wirkende MMK. Das einfachste Mittel, den Streukoeffizienten klein zu halten, ist demnach eine möglichst weitgehende Verminderung des Luftspaltes des Wendepoles. Daß eine solche jedoch andererseits die Stabilität des Wendefeldes ungünstig beeinflusst, wurde durch die Versuche bei Bürstenverschiebung nachgewiesen. Diese Unstabilität des Feldes erstreckt sich gleichfalls auf die durch die Zähne und die Kurzschlußströme hervorgerufenen Feldfluktuationen von hoher Frequenz. Ein Bild von den durch die Zähne hervorgerufenen Feldschwankungen geben die in Fig. 24 dargestellten zwei Feldkurven, die den beiden extremen Stellungen der Zähne zum Wendepol entsprechen. Ein Vergleich der obigen Feldkurve mit denen der Fig. 10 zeigt, daß bei dem auf das doppelte erhöhten Luftspalt die Amplitude der Feldschwingungen um nahezu 50% verkleinert wurde. Die eventuell vorhandene Dämpfung ist dabei nicht berücksichtigt.

Da durch die obigen Bedenken der Verkleinerung der auf Streuung wirkenden MMK bald Grenzen gesetzt sind, so bleibt noch die Möglichkeit offen, durch Verminderung der Leitfähigkeit des Streuweges den Streukraftfluß in mäßigen Grenzen zu halten. Zu

<sup>1)</sup> E. Arnold, Gleichstrommaschine, 2. Aufl., Bd. II, S. 287; W. Oehlschlager, ETZ 1907. S. 257.