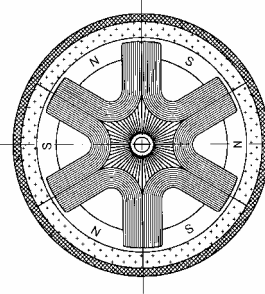


Dipl.-Ing. Jörg Bobzin, Projensdorferstr.8, 24106 Kiel**Hocheffiziente Elektrische Maschinen**

Sternen



Motoren

An**Motoren- und Generatorenhersteller****für Motoren und Generatoren
mittlerer und hoher Leistung****Highly Efficiency Electrical Machines****Angebot mehrerer Erfindungen, aus dem Bereich der hocheffizienten elektrischen Maschinen, zur Lizenznahme****Internationale Patentanmeldung:** PCT/EP99/08683 bzw. WO 00/30238**Deutsche Patentanmeldungen:** DE 10137201, DE 10137192, DE 10208566, DE 10208564

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit möchte ich Ihnen mein neues Maschinenkonzept, das „**Luftspulenprinzip**“ für hocheffiziente elektrische Motoren und Generatoren vorstellen und die darin enthaltenen Neuentwicklungen zur Lizenznahme anbieten.

Die Motoren und Generatoren des Luftspulenprinzips verfügen über bisher unerreicht hohe Wirkungsgrade in der jeweiligen Leistungsklasse und über andere hervorragende Maschineneigenschaften, so dass zu erwarten ist, dass diese Maschinen die Motoren und Generatoren der Zukunft sind.

Nach dem Luftspulenprinzip sind alle gängigen Maschinentypen, wie AC-, DC-, EC-Motoren, Drehfeldmaschinen, wie Asynchronmotoren, Synchronmaschinen, Drehstrommaschinen und Wechselstrommaschinen mit wesentlich verbesserten Maschineneigenschaften zu realisieren.

Zum Beispiel: Im Elektroauto der Zukunft mit der Brennstoffzellentechnik, welches ich durch meine Neuentwicklungen fördern möchte, kann der Antriebsmotor, aber auch die vielen Kleinmotoren hocheffizient durch die neuen Motoren ausgestattet werden.

Dieses Angebot 3 umfasst die Umsetzung des neuen Maschinenkonzeptes z.B. als ein Antriebsmotor für Elektrofahrzeuge am Beispiel eines permanenterregten Synchron-Drehfeldmotor. Weitere hocheffiziente Maschinenvarianten als Antriebsmotor werden in Angebot 1 kurz vorgestellt.

Da ich die Angebote möglichst knapp und übersichtlich halten möchte, mittlerweile aber viel Informationsmaterial aus Forschung und Weiterentwicklung entstanden ist, habe ich diese Internetseite¹ mit den Forschungsergebnissen, Konstruktionsbeispielen, Gewinnbeispielen, Beispielangeboten und den Patentanmeldungen eingerichtet, die von Zeit zu Zeit durch die neuesten Forschungsergebnisse und Weiterentwicklungen aktualisiert wird.

Auf diese Informationen verweise ich teilweise in diesem Angebot, erkennbar durch die Verwendung von [eckigen Klammern]. Die Seitenangaben bei meinen Fachaufsätzen beziehen sich auf das auf der Internetseite angebotene PDF- Format, welches auch für Ausdrücke, aufgrund der besseren Qualität generell zu bevorzugen ist.

1. Einführung in das Luftspulenprinzip

Die Essenz der Energieumsetzung

Das Luftspulenprinzip gründet auf Forschungsergebnisse von M. Faraday aus den Jahren 1821-1851. Es realisiert die Idealbedingungen der direkten Energieumsetzung zwischen elektrischem Leiter und Magnetfeld, erstmals zu annähernd 100%, in einer elektrischen Maschine.

Die Idealbedingungen der direkten Energieumsetzung:

Motorbedingung	$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$
----------------	---------------------------------------

Generatorbedingung	$\vec{U} = (\vec{v} \times \vec{B})l$
--------------------	---------------------------------------

Für Faraday selbst stellten diese Idealbedingungen nur ein Zwischenergebnis dar, welches er aufgrund des Einsatzes von Eisen in seinen Forschungen immer weiter abstrahierte und es zu dem machte, was J.C. Maxwell dann in eine mathematische Form brachte und heute als das allgemeine Induktionsgesetz bekannt ist. Diese Abstrahierung und der derartige Einsatz von Eisen in elektrischen Maschinen führte aus heutiger Sicht weg von der Essenz der Energieumsetzung, den Idealbedingungen der direkten Energieumsetzung zwischen elektrischem Leiter und Magnetfeld [Fachaufsatz III, S.12-18].

Denn die Mathematisierung hat zu dem Eindruck geführt, dass Eisen das Magnetfeld der Spule verstärkt. Dies ist aber nicht der Fall, sondern das Eisen verkürzt nur den Luftspalt bzw. Luftweg durch den das Feld verläuft.

Die magnetischen Feldlinien sind reale Energielinien, die beim Verlauf in der Luft stark an Energie verlieren, je weiter sie sich von der Quelle entfernen. Eisen hat die Eigenschaft den Energiefluss auf diesen Energiebahnen wesentlich besser zu leiten, als das Medium Luft.

Wenn eine eisengefüllte Spule ein starkes Magnetfeld hervorbringt, liegt das daran, dass der Energiequelle der Verlust an Energie beim Verlauf der Feldlinien durch den Spulinnenbereich (Luftbereich) weitgehend erspart bleibt, weil sie statt dessen durch den Eisenkern verlaufen. Aus diesem Grund bringt die Magnetfeldquelle nun mehr Energie nach außen, die dann als verstärktes Feld erscheint.

¹ <http://www.sternen-motoren.de>

Hierin besteht das eigentliche Missverständnis von heutiger Wissenschaft und Technik bezüglich der Rolle des Eisens als Kernmaterial in elektrischen Spulen. So hat man den Eindruck gewonnen, das Eisen das Magnetfeld der Spule um ca. das 1000fache verstärkt. Die mathematischen Formeln des Induktionsgesetzes hat man dementsprechend umgeformt (abgeleitet) bis sie diesen Eindruck wiedergaben.

Bei der Annahme, dass eine relative Permeabilität $\mu_r = 1000$ das Magnetfeld um diesen Faktor verstärkt, wäre es natürlich absurd auf Eisen in der Spule zu verzichten. Paradox scheint allerdings dabei, das Luftspulenmaschinen nicht das vielfache Volumen oder den vielfachen Durchmesser einer Eisenmaschine gleicher Leistung besitzt.

Das Gegenteil ist sogar der Fall, denn bei optimaler technischer Umsetzung der Essenz der Energieumwandlung [Gewinnbeispiel 4 und 6 (<http://sternen-motoren.de/gewinne>)] sind Luftspulenmaschinen kleiner als Eisenmaschinen. Der Grund dafür ist, dass Luftspulenmaschinen eine höhere Effizienz haben, die z. B. in einer kleinen Bauform und in einem hohen Wirkungsgrad sichtbar wird.

Wie man nun vermuten kann wird bei dem Luftspulenprinzip auf Eisen im sich ändernden Magnetfeld bei der Energieumsetzung verzichtet. Man kann es aber auch anders ausdrücken: Aufgrund der veränderten Prioritäten bei der Anwendung von elektrischen Maschinen, die heutzutage und zukünftig den Energieverbrauch und damit den Wirkungsgrad als entscheidendes Kriterium beim Einsatz von elektrischen Maschinen ins Rampenlicht rücken, werden bei der Neuentwicklung von elektrischen Maschinen bestehende Verluste in den herkömmlichen elektrischen Maschinen minimiert.

Diese Verluste bestehen in erster Linie aus Eisenverlusten und aus Kupferverlusten.

Bisherige Bemühungen haben nur zu einem begrenzten Erfolg der Verlustminderung geführt, da man im Rahmen der alten Maschinenkonzepte (Eisen ist unabdingbar in der Spule) die Optimierung vorgenommen hat und die Optimierung dort ihre Grenzen erreicht hat.

Stellt man jedoch noch einmal das ganze bisherige Konzept in Frage, ändert die Anforderungen und Prioritäten an elektrische Maschinen und entwickelt die Maschinen auf dieser Grundlage von Anbeginn (ca. das Jahr 1822) ohne eine abstrakte Mathematisierung neu, kommt man zu ganz anderen Ergebnissen.

So werden Eisenverluste und unwirksame Leiter bei der Anwendung des Luftspulenprinzips extrem minimiert und für viele Ausgestaltungen nahezu eliminiert. Dies geschieht nicht etwa auf Kosten von anderen positiven Maschineneigenschaften, sondern auch diese werden noch wesentlich verbessert.

Wesentliche Entwicklungsschritte führen zu Maschinen des Luftspulenprinzips

Das Luftspulenprinzip verwendet Luftspulen (d.h. kernlose Spulen) die keinen direkten Kontakt zu Rückschlussmaterial haben, bzw. bei dem Eisen nicht relativ zum Magnetfeld bewegt oder ummagnetisiert wird.

Dies erfordert einen vergrößerten Luftspalt der mit einem entsprechend starken Feld ausgestattet werden muss. Der dafür gegenüber einer Maschine mit einer Eisenkernwicklung erhöhte Magnetisierungsbedarf wird Vorteilhafterweise mit dem Einsatz von Permanentmagneten verlustlos zur Verfügung gestellt.

Diesen Weg ist man schon seit ca. 1975 mit Scheiben- und Glockenmaschinen mit mechanischer und elektronischer Kommutierung erfolgreich gegangen, da in einigen Spezialanwendungen (Motoren hoher Dynamik) ihre guten Maschineneigenschaften gefordert waren, die nicht durch Maschinen mit eisenbehafteten Spulen geliefert werden konnten [Fachaufsatz I, S.3-4]. Hierzu gehört allerdings nicht ihr hoher Wirkungsgrad von schon 70-92%, der lange Zeit unbeachtet blieb und erst heute an Bedeutung gewinnt. Dieser hohe Wirkungsgrad kommt alleine aufgrund

des Verzichtes auf Eisenkerne in den Spulen zu Stande, denn die wirksame Leiterlänge in diesen Gleichstrommaschinen ist sehr schlecht und sie haben auch noch andere konstruktiv bedingte Nachteile [Fachaufsatz I, S.5-8].

Ein weiterer wesentlicher Entwicklungsschritt des Luftspulenprinzips löst diese Nachteile auf und führt zu hocheffizienten elektrischen Maschinen mit einem wirksamen Leiteranteil von bis zu ca. 98%.

Dieser Entwicklungsschritt ist die Faltung der Luftspule, bei der sich der Leiter der Maschinenachse annähert. Dies kann auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden [Fachaufsatz I, S.8-15] und führt in jedem Fall zu einer wesentlichen Leistungssteigerung im Vergleich zu herkömmlichen Luftspulenmaschinen gleicher Baugröße. Der große Gewinn der dadurch entsteht, ist, für verschiedene Konstruktionsformen und Anwendungen, sich gegenseitig ergänzend, im Folgenden, im [Angebot 2], im [Fachaufsatz II, S.5-10], und den [Gewinnbeispielen I – II] beschrieben.

Gegenüber herkömmlichen Maschinen mit eisengefüllten Wicklungen weisen die Maschinen nach dem Luftspulenprinzip also zwei entscheidende Gewinne auf. Zum Einen sind es die vermiedenen Eisenverluste und zum Anderen der außerordentlich hohe Gewinn durch die in Qualität und Quantität bessere Kupfernutzung. Dies beides zieht viele Verbesserungen der Maschineneigenschaften nach sich.

Diese bestehen in:

- einem geringen Gewicht
 - kleinen translatorischen und rotatorischen Trägheitsmoment
 - großen Spulenausnutzungsgrad
 - geringste Kupferverluste auch bei kleinen Polzahlen (Kupferverluste sind nahezu von der Wahl der Polzahl unabhängig. Bei Synchronmaschinen mit kleiner Polzahl entfällt der hochgenaue Drehwinkelgeber, der für Hochpolmaschinen notwendig ist)
 - geringe Wärmeverluste in der Wicklung
 - minimierter Kupfereinsatz
 - mit Abstand höchsten Wirkungsgrad in der jeweiligen Leistungsklasse
- einer kleinen Induktivität
 - kleinen elektrischen und mechanischen Zeitkonstante (ermöglicht eine hohe Dynamik und geringe Verluste)
 - geraden Spannungs-/Drehzahlkennlinie, die eine einfache Überprüfung der Motorfunktion durch Sensierung der Motorkennwerte (Fehlererkennung) und eine einfache elektronische Regelung ermöglicht
 - geringen Störabstrahlung
 - hohen EMV
- geringsten Eisenverlusten (auch im hohen Drehzahlbereich)
- neuen, vielseitigen und variable anpassungsfähigen Bauformen
- den fehlenden Reluktanzmomenten, die durch Nutung entstehen
- fehlenden Leerlaufverlusten, da das Magnetfeld sich nicht gegenüber Eisen bewegt

Die Verlustvermeidung, die Effizienzsteigerung und der hohe Gewinn durch die Anwendung des Luftspulenprinzips steht, im Bezug auf herkömmliche Eisenmaschinen (mit Wicklungen mit Eisenkern), dem erhöhten Magnetisierungsbedarf für den vergrößerten Luftspalt gegenüber.

Es ist zu vermuten, dass bei niedrigen Polzahlen ca. 2-8 und gleicher Maschinengröße der Magnetisierungsbedarf der Maschine des Luftspulenprinzips nicht höher ist als bei einer leistungsgleichen Eisenmaschine.

Sollte eine Erhöhung des Magnetvolumens für einige Konstruktionsformen notwendig sein, würden zwar die Herstellungskosten dieser Maschine gegenüber einer Eisenmaschine gleicher Leistung steigen, was aber durch die verbesserten Maschineneigenschaften und nicht zuletzt durch die erheblichen Energieeinsparungen während des Betriebes durch den hohen Wirkungsgrad in Kauf genommen werden kann.

Denn der Wirkungsgrad hat in Zukunft eine sehr große Bedeutung für elektrische Maschinen, da man festgestellt hat, dass mit Energiesparmaschinen, die einen hohen Wirkungsgrad haben, erhebliche Betriebskosten eingespart werden können und die Bedeutung der einmaligen Anschaffungskosten der Maschinen dabei in den Hintergrund rückt (1).

Dieser gerade stattfindenden Bewusstseinswandel bezüglich der Bedeutung des Wirkungsgrades und der damit verbundenen Einsparungen hat auch eine grundlegende Veränderung in der Entwicklung von Maschinen zur Folge. So spielen Herstellungskosten in Zukunft eine sehr untergeordnete Rolle. Diese Sichtweise bewirkt auch eine Umstellung in der Forschung, Entwicklung und Fertigung, bei der das Erreichen eines hohen Wirkungsgrades der Maschinen eine sehr hohe Priorität einnehmen wird. Die Weichen sind in Richtung Energiesparmaschinen neu gestellt, und in Anbetracht der drohenden Energieknappheit, der Umweltprobleme und nicht zuletzt, um Kosten zu sparen, wird sich dieses neue Bewusstsein auch sehr schnell durchsetzen.

Hauptsächlich dieser Grund ist es, weshalb auch hochpolige Synchronmaschinen für einige Anwendungen neuzeitlich für mittlere und hohe Leistungen in Betracht kommen. Wobei auch hier deren Optimierung Grenzen hat und viele Einschränkungen und Nachteile in Kauf genommen werden müssen.

Maschinen des Luftspulenprinzips führen dagegen in ganz andere Dimensionen.

2. Antriebsmotor als permanenterregter Drehfeldmotor in der Doppel-Scheibenform

Da die permanenterregte Synchronmaschine als Antriebsmotor für Fahrzeuge vielerorts favorisiert wird, ist dieses Angebot, eines neuen Antriebsmotors, schwerpunktmäßig auf diesen Maschinentyp abgestimmt. Obwohl auch eine ganz neue hocheffiziente Asynchronmaschine nach dem Luftspulenprinzip auch als Fahrzeugantrieb nun zur Verfügung steht [siehe Angebot 1, S.4-6 und Patentanmeldung DE 101 37 192 A1].

Durch die erhöhten Anforderungen an den Wirkungsgrad besteht in den letzten Jahren ein Trend zu hochpoligen Maschinen, wie es auch z.B. in der Automobilindustrie bei der Statorgeneratorentwicklung der Fall ist. Durch die Hochpoligkeit wird die Kupferausnutzung verbessert. Jedoch müssen durch die Hochpoligkeit Einschränkungen und Nachteile in Kauf genommen werden und sind für viele Anwendungen nicht machbar oder nicht akzeptabel.

Zu den Nachteilen in Verbindung mit Nutenwicklungen gehören:

- die sehr eingeschränkte Vorgabe der Maschinengeometrie
- die vielen Polwechsel pro Umdrehung führen z.B. zu hohen Eisenverlusten bei hohen Drehzahlen, zu einem hohen Umrichteraufwand und stärkeren elektromagnetischen Störungen
- ein hohes translatorisches und rotatorisches Trägheitsmoment
- ein großes Gewicht
- Notwendigkeit eines hochauflösenden Drehwinkelgebers
- hoher Fertigungsaufwand
- Rastmomente bei Verwendung von Eisenkernen, sowie auch hohe Eisenverluste im Leerlauf

Generell die bessere Möglichkeit der Steigerung der Kupferausnutzung bringt die Faltung der Spule mit gleichzeitiger Achsannäherung der Wickelköpfe. Dies liegt nicht nur in der in jedem Fall besseren Kupfernutzung (und den Folgegewinnen) begründet, deren Verbesserung hin zu niedrigen Polzahlen gegenüber einer herkömmlichen Trommelwicklung sehr ansteigt, sondern auch in der geringen und flexiblen Baugröße. Diese kommt aufgrund der neuen Konstruktionsformen, die das Luftspulenprinzip liefert und der nahezu freien Wahlmöglichkeit der Polzahl, die nahezu unabhängig von der Beeinflussung der Kupferverluste gewählt werden kann, zustande.

Durch den Einsatz von Maschinen nach dem Luftspulenprinzip sind nicht nur die aufgeführten Nachteile der Hochpoligkeit überwunden, sondern weitere Vorteile ergeben sich daraus.

Welch großer Gewinn die Nutzung der sich der Achse annähernden Leiter für Drehfeldwicklungen bringt, wird nun für eine dreiphasige permanentmagneterregte Synchronmaschine dargestellt:

Bei allen Maschinen der Bilder 1-12 liegen gleiche Werte für Maschinendurchmesser, Luftspaltbreite, Drehzahl, Luftspaltinduktion, Windungszahl und Leiterquerschnitt vor.

Die angegebenen Zahlen für Strom, Spannung und Leistung sind keine absoluten Werte, sondern basieren auf eine Normierung der Maschinen der Bilder 1-12 und können aber zum relativen Vergleich der Maschinen untereinander herangezogen werden. Die Fläche, das Volumen und der Spulenausnutzungsgrad sind dagegen absolute Werte, die sich aus der Geometrie ergeben.[siehe Methode der Verbleichsberechnung]

Vergleich einer herkömmlichen Trommelwicklung mit einer Trommelscheibenwicklung mit gleichen Abmessungen in Bild 1 und 2:

Bild 1 zeigt eine herkömmliche Trommelmaschine mit Luftspaltwicklung, deren Wickelköpfe im Umfangsbereich außerhalb des Luftspaltes liegen. Diese Maschine bildet die erste Vergleichsmaschine, dessen Maschinenwerte als 100% angenommen werden.

Bild 2 zeigt eine Maschine nach dem Luftspulenprinzip in der Konstruktionsform der Trommel-Scheibenform. Durch die beidseitige Achsannäherung der Wickelköpfe der Maschine von Bild 2 bei gleichzeitigen Teilnutzung dieser Leiterbereiche (Pole im Bereich der Einschichtwicklung) in dem scheibenförmigen Luftspaltbereichen, ergeben sich wesentlich verbesserte Maschinenkennwerte. So beträgt die Leistungssteigerung, gegenüber der herkömmlichen Wicklung von Bild 1, 63% und die generelle Effizienzsteigerung kann an der Steigerung des Spulenausnutzungsgrades ξ_{Sp} von 30% abgelesen werden.

$$\text{Spulenausnutzungsgrad} \quad \xi_{Sp} = \frac{\text{wirksamer Leiter einer Spule}}{\text{gesamter Leiter einer Spule}}$$

Diese Gewinne werden durch einen Mehreinsatz von 35% Magnetmaterial erreicht.

Vergleich einer herkömmlichen Trommelwicklung mit einer Doppelscheibenwicklung gleicher Leistung in Bild 3 und 4:

In **Bild 3 und 4** wird ein weiteres Beispiel für den Gewinn durch die Faltung gezeigt. Hier werden eine herkömmliche Trommelwicklung mit einer Doppel-Scheibenmaschine verglichen.

Bild 3 zeigt die herkömmliche Trommelmaschine, die hier die Vergleichsmaschine ist.

Bild 4 zeigt eine Doppel-Scheibenmaschine mit gleichem Außendurchmesser D , gleichem Magnetaufwand, der gleichen Leistung, mit im Schnitt quer zur Bewegungsrichtung gleicher Spulenausdehnung $2 \cdot l_1$, wie eine Trommelmaschine von Bild 3. Darüber hinaus hat die Doppel-Scheibenmaschine einen knapp 70% besseren Spulenausnutzungsgrad und benötigt dabei nicht einmal das halbe Maschinenvolumen oder die halbe axiale Länge.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass eine Achsannäherung der Spulen zu einer erheblichen Leistungssteigerung und Effizienzsteigerung der Maschine führt. Diese Leistungssteigerung kann zu einer Verkleinerung der Maschine verwendet werden, wodurch die Maschine um etwa 50% kleiner wird, bei gleicher Leistung, als die herkömmliche Trommelmaschine. Das dieser Leistungsgewinn auch zu 50%igen Verkleinerung des Durchmessers der Scheibenwicklung genutzt werden kann, zeigen die [Gewinnbeispiele I und II]. Derartige Gewinne bei Glockenscheibenmaschinen werden im [Angebot 2] vorgestellt.

Der Wirkungsgrad macht in jedem Fall durch die verbesserte Spulenausnutzung einen großen Sprung Richtung 100%. Mit der herkömmlichen Gleichstrommaschine (30KW) mit kernloser Luftspaltwicklung, die aber eine schlechtere Spulenausnutzung hatte, wurde immerhin schon ein Wirkungsgrad von bis zu 92% erreicht [Gewinnbeispiel 1].

Die Besonderheit bei der Doppel- Scheibenmaschine von Bild 4 ist, das der Zweischichtige achsnahe Spulenbereich hier auch mit einem Feld ausgestattet ist. Dieser Aspekt wird anschließend im Zusammenhang mit Bild 7 besprochen.

Die Optimierung der Dreiphasen Synchron-Drehfeldmaschine wird nun anhand der Konstruktionsform der Doppel-Scheibenmaschine weiterführend vorgestellt:

Die Grundform dieser Maschine zeigt **Bild 5**, wobei sie nur den Bereich der einschichtigen Wicklung, wie schon aus Bild 2 bekannt, zur Drehmomenterzeugung nutzt. Sie wird im Folgenden als Vergleichsmaschine herangezogen, so dass die ermittelten Maschinenwerte dieser als 100% gelten und die weiterentwickelten Maschinen darauf bezogen werden. Aufgrund der beidseitigen Achsannäherung der Wickelköpfe hat diese Maschine schon einen beachtlichen Spulenausnutzungsgrad von $\xi_{Sp} = 0,5793$.

Einer Weiterbildung zeigt **Bild 6**, bei der auch die Wickelköpfe mit Polen belegt sind, die die doppelte Magnethöhe aufweisen, um eine entsprechende Luftspaltinduktion im vergrößerten Luftspaltbereich zu erzeugen.

Durch diese Wickelkopfnutzung steigt der Spulenausnutzungsgrad schon um 35% auf $\xi_{Sp} = 0,78416$ und die Leistung um 50% gegenüber der Vergleichsmaschine in Bild 5, wobei der Mehraufwand an Magnetvolumen 48% beträgt.

Wird der Polflächenbereich, wie in **Bild 7**, Richtung Achse noch um 8% vergrößert kann der achsnahe Leiter noch besser genutzt werden und liegt wirksamer im Feld. So erhöht sich die Steigerung des ξ_{Sp} auf 43% und die der Leistung auf 60% gegenüber der Vergleichsmaschine von Bild 5, bei 64% Mehraufwand an Magnetvolumen.

Soll das Drehmoment absolut konstant sein, wird die Spulenform aus **Bild 8** gewählt, bei der im Winkelbereich von $\varphi=30^\circ$ keine Drehmomentschwankungen existieren und dabei der achsnahe Polbereich so gut wie unter diesen Bedingungen möglich genutzt wird und gegenüber der Maschine in Bild 7 kaum Einbußen hingenommen werden müssen.

Soll die Maschinen- und Polfläche noch besser genutzt werden, wird die Wicklung aus Bild 8 zur Wicklung aus **Bild 9** oder auch die Wicklung von Bild 7 zur Wicklung von **Bild 10** verändert. Dies verbessert die Motorwerte, durch die leicht verkürzte Gesamtleiternlänge einer Spule, nur gering. Der eigentliche positive Effekt hierbei ist die Schaffung der Freiräume zwischen den Spulen. Dieser Freiraum kann nun durch kleine aber hocheffektive Spulen aus **Bild 11** aufgefüllt werden, die selbst einen Spulenausnutzungsgrad von $\xi_{Sp}=0,823324$ (142% v. Bild 5) haben.

Die Wicklung aus Bild 10 wurde durch die Spulen aus Bild 11 ergänzt und führt zu der Wicklung von **Bild 12**.

Bild 13 zeigt den zeitlichen Verlauf der Leistung der Maschine von Bild 9 (bzw. Bild 5), deren Leistung über den Winkel von 30° konstant ist. Wird die Wicklung aus Bild 9 durch die Spule aus Bild 11 ergänzt, liefert diese Spule im Winkelbereich von $14,5^\circ$ das obige Leistungsdreieck zusätzlich, welches ca.11% Leistungssteigerung (Flächenanteil) bedeutet.

Bild 14 zeigt den zeitlichen Verlauf der Leistung der Maschine von Bild 10 (bzw. Bild 7), die über den Winkel von 30° nahezu konstant ist. Wird hier die Spule von Bild 11 ergänzt zu Bild 12 ergibt sich ein Leistungsverlauf inklusive des kleinen Leistungsdreiecks im Winkelbereich von $14,5^\circ$. Diese Leistungssteigerung über die Gesamtzeit durch die zusätzliche Spule macht ca.7 % der Leistung (Flächenanteil) von der Maschine von Bild 10 (bzw. Bild 7) aus und dies ohne Mehraufwand an Magnetmaterial.

Für den Motorbetrieb ist der Einsatz der Spule aus Bild 11 wegen der hohen Gleichlaufschwankungen nicht geeignet. Für den Generatorbetrieb ist dies jedoch anders. Soll ein gemischter Generator-/ Motorbetrieb erfolgen, könnte die ergänzte Spule aus Bild 11 für den Generatorbetrieb jeweils im niedrigen Drehzahlbereich leistungssteigernd und im hohen Drehzahlbereich umgepolt zur Feldschwächung oder besser gesagt zur Stromschwächung leistungsmindernd zugeschaltet werden.

So würde ich mich freuen, wenn Sie sich für meine Entwicklungen begeistern können und und dieses großen technischen Fortschrittes auch in Ihrem Unternehmen integrieren möchten.

Mit freundlichem Gruß

Jörg Bobzin

Anlage:

1. Zeichnungen (14 Blatt)

Literatur:

- (1) - Dr. techn. Herbert Auinger, Dipl.-Betriebswirtin (FH) Sabine Stengel, Nach Wirkungsgrad klassifiziert, EU- Einteilung von Elektromotoren in drei Klassen erleichtert die Auswahl, drive, switch & control 4/99 (Siemenszeitschrift)
 - Dipl.-Betriebswirtin (FH) Sabine Stengel, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Mölter, Energiesparpotential ausloten, Energiesparprogramm bietet Entscheidungshilfe beim Elektromotorenkauf, drive, switch & control 3/99 (Siemenszeitschrift)
 - Dipl.-Betriebswirtin (FH) Sabine Stengel, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Mölter, Die clevere Art zu sparen, Energiesparmotoren von Siemens, drive, switch & control 1/99 (Siemenszeitschrift)

Autor:

Dipl.-Ing. Jörg Bobzin ist Forscher und Entwickler von hocheffizienten elektrischen Maschinen und ganzheitlicher Wissenschaft, Technik und Wirtschaft

Anlage

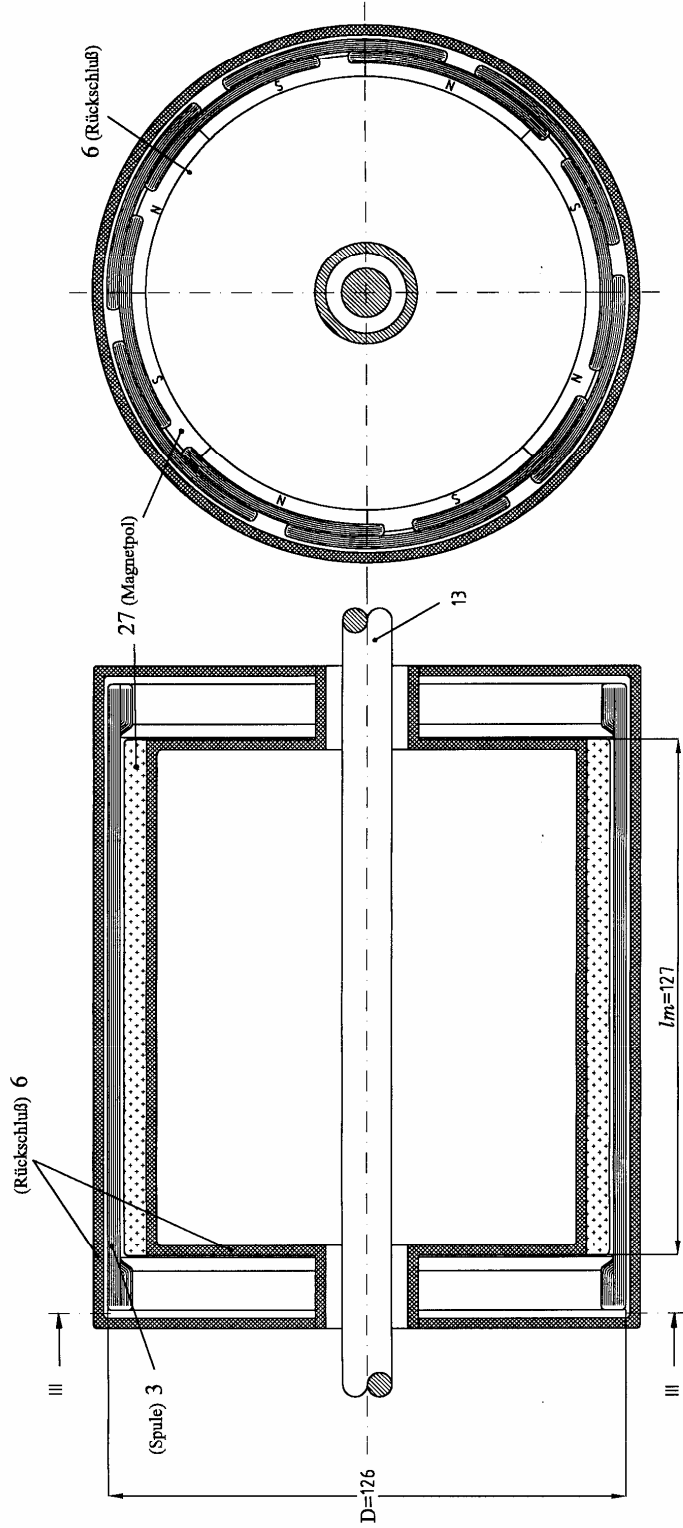


Fig.9.25

$$\xi_{Sp} = 0,64188 \text{ (100\%)}$$

$$\hat{U} = 254 \text{ (100\%)}$$

$$\hat{I} = 0,64188 \text{ (100\%)}$$

$$\hat{P} = 163,038 \text{ (100\%)}$$

Fig.8.25

Magnetpole:
 Fläche $A_T = 44993 \text{ (100\%)}$

Bild 1

Anlage

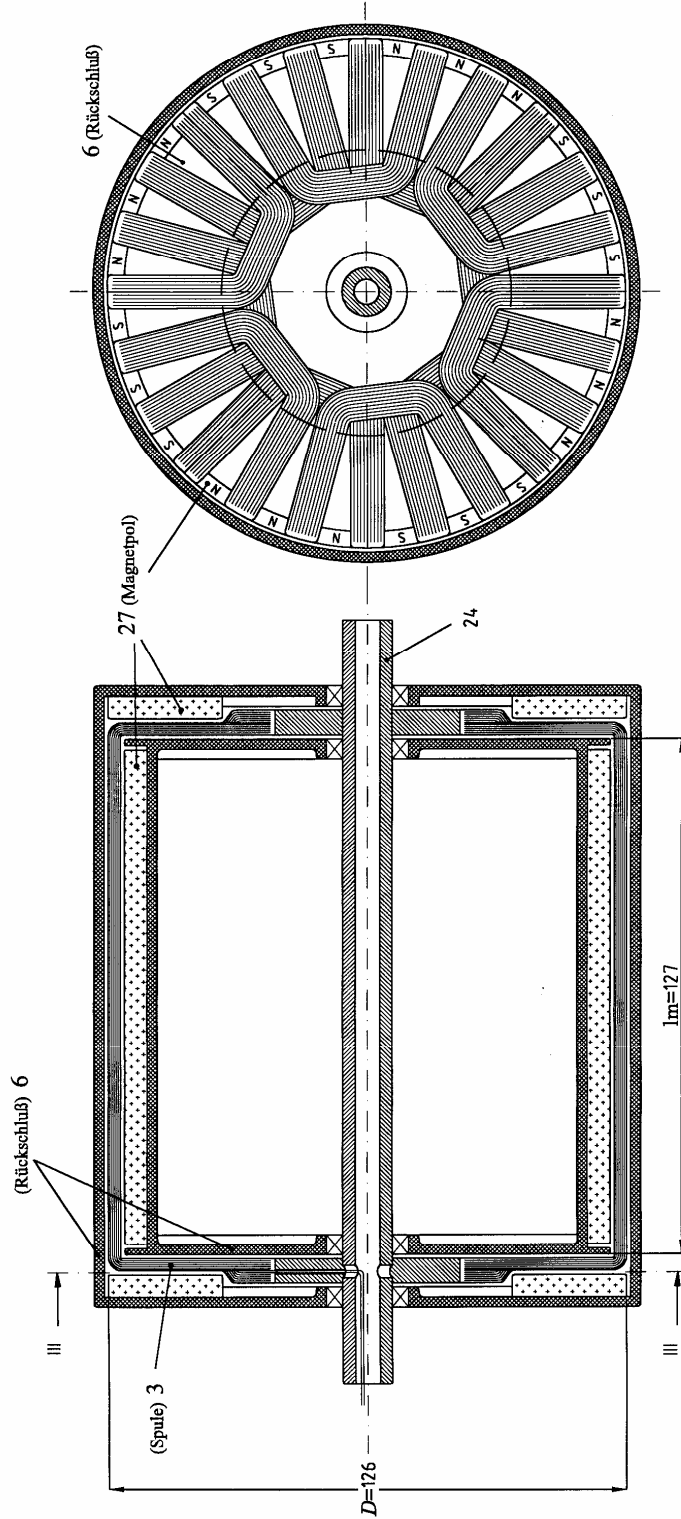


Fig. 9.20

$\xi_{Sp} = 0,8335$ (130% v. Bild 1)
 $\hat{U} = 338,845$ (133% v. Bild 1)
 $\hat{I} = 0,78498$ (122% v. Bild 1)
 $\hat{P} = 265,988$ (163% v. Bild 1)

Fig. 8.20

Magnetpole:

Fläche $A_{ges} = A_T + A_S$

$A_T = 44993$ (100% v. Bild 1)

$A_S = 15732$ (35% v. Bild 1)

Volumen $V_T = 100\%$

Bild 2

Anlage

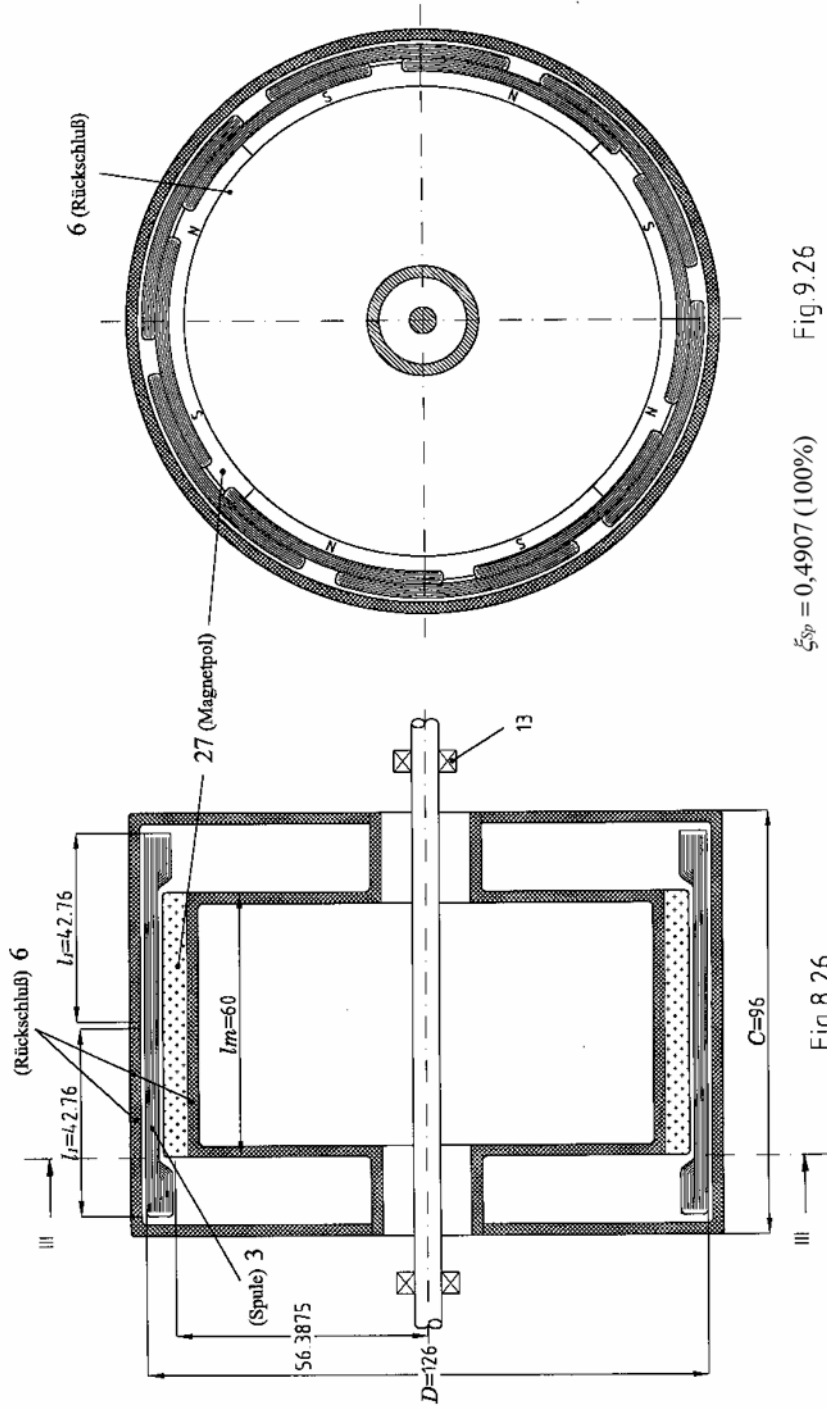


Fig. 9.26

$\xi_{sp} = 0,4907$ (100%)
 $\hat{U} = 120$ (100%)
 $\hat{I} = 0,49071$ (100%)
 $\hat{P} = 58,885$ (100%)

Fig. 8.26

Magnetpole:
 Fläche $A_T = 20994,157$ (100%)
 Volumen $V_T = 100\%$

Bild 3

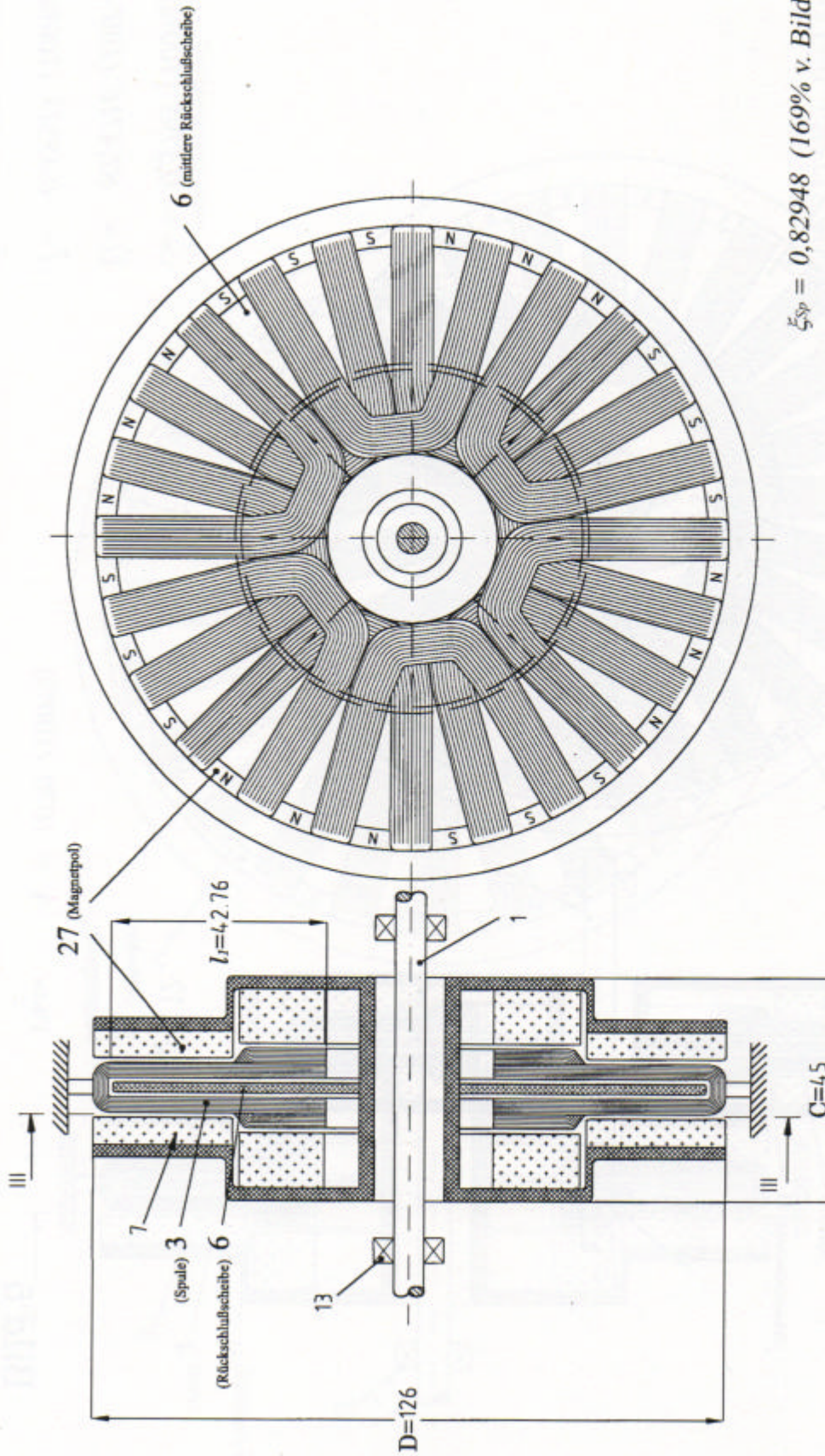


Fig.9.19

Fig.8.19

$$\xi_{Sp} = 0,82948 \quad (169\% \text{ v. Bild 3})$$

$$\hat{U} = 108,3743 \quad (90\% \text{ v. Bild 3})$$

$$\hat{I} = 0,55614 \quad (113\% \text{ v. Bild 3})$$

$$\hat{P} = 60,2715 \quad (102\% \text{ v. Bild 3})$$

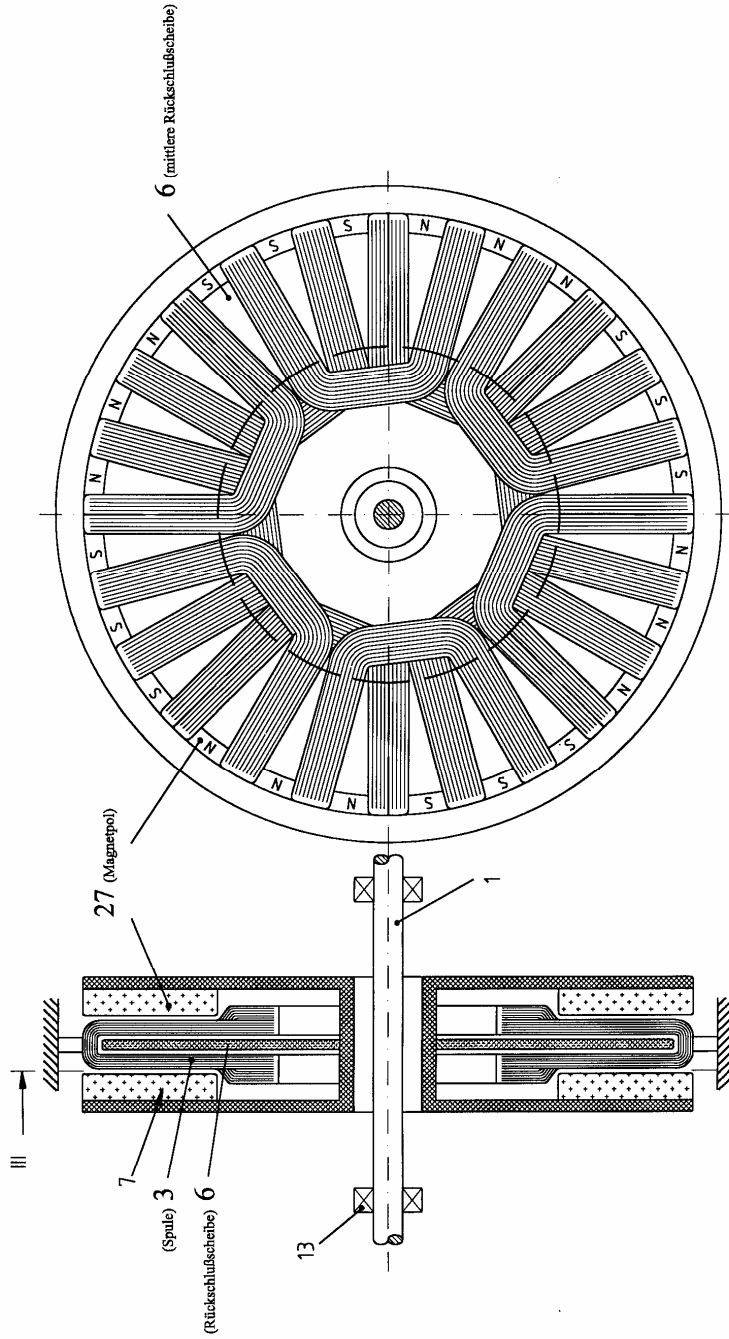
Magnetpole:

Fläche $A = 16932 \quad (81\% \text{ v. Bild 3})$

Volumen $V = 7966 \quad (46\% \text{ v. Bild3})$

Bild 4

Anlage



$$\xi_{Sp} = 0,5793 \text{ (100\%)}$$

$$\hat{U} = 82,4716 \text{ (100\%)}$$

$$\hat{I} = 0,45513 \text{ (100\%)}$$

$$\hat{P} = 37,5358 \text{ (100\%)}$$

Fig 9.12

Fig 8.12

Magnetpole:

Fläche $A = 1070 \text{ (100\%)}$

Volumen $V = 100\%$

Bild 5

Anlage

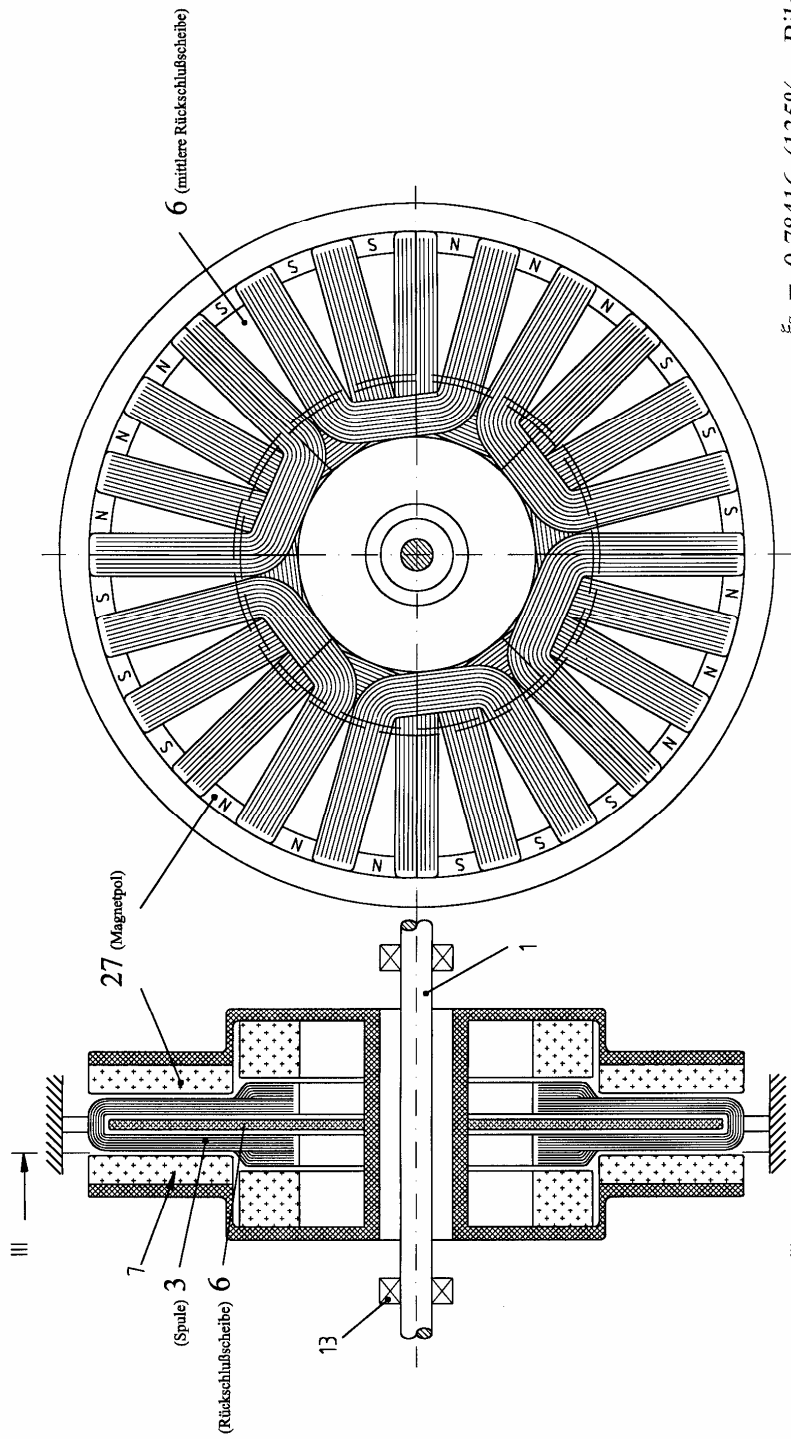


Fig. 8.14

Fig. 9.14

Bild 6

Magnetpole: Fläche $A = 1070 + 257 = 1327$ (124% v. Bild 5)

Volumen $V = 148\%$ v. Bild 5

- $\xi_{Sp} = 0,78416$ (135% v. Bild 5)
- $\hat{U} = 101,28067$ (122,8% v. Bild 5)
- $\hat{I} = 0,55868$ (122,75% v. Bild 5)
- $\hat{P} = 56,5838$ (150,75% v. Bild 5)

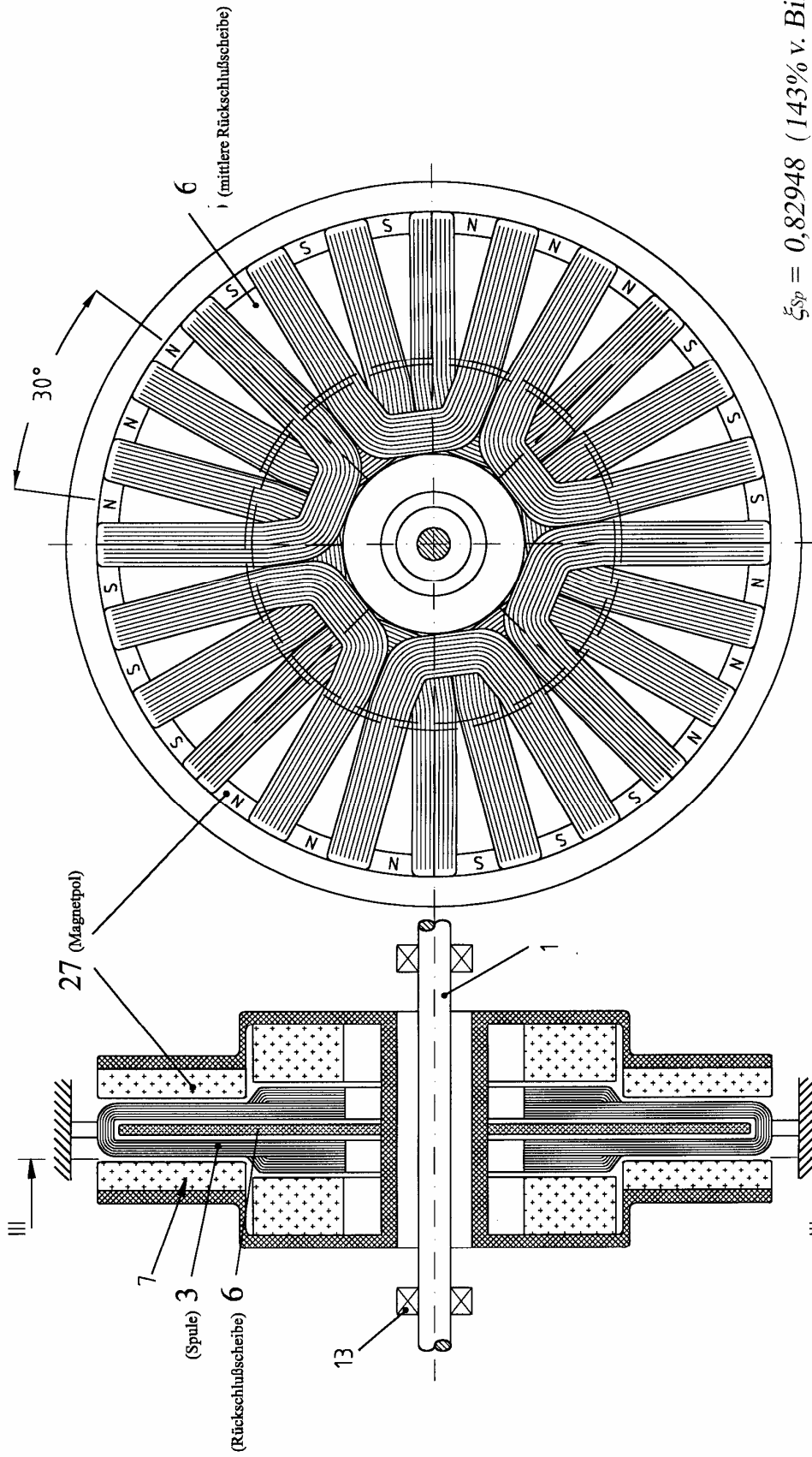


Fig.8.19

Fig.9.19

Magnetpole: Fläche $A = 1070 + 341 = 1411$ (132% v. Bild 5)

$\xi_{Sp} = 0,82948$ (143% v. Bild 5)

$\hat{U} = 108,3743$ (131% v. Bild 5)

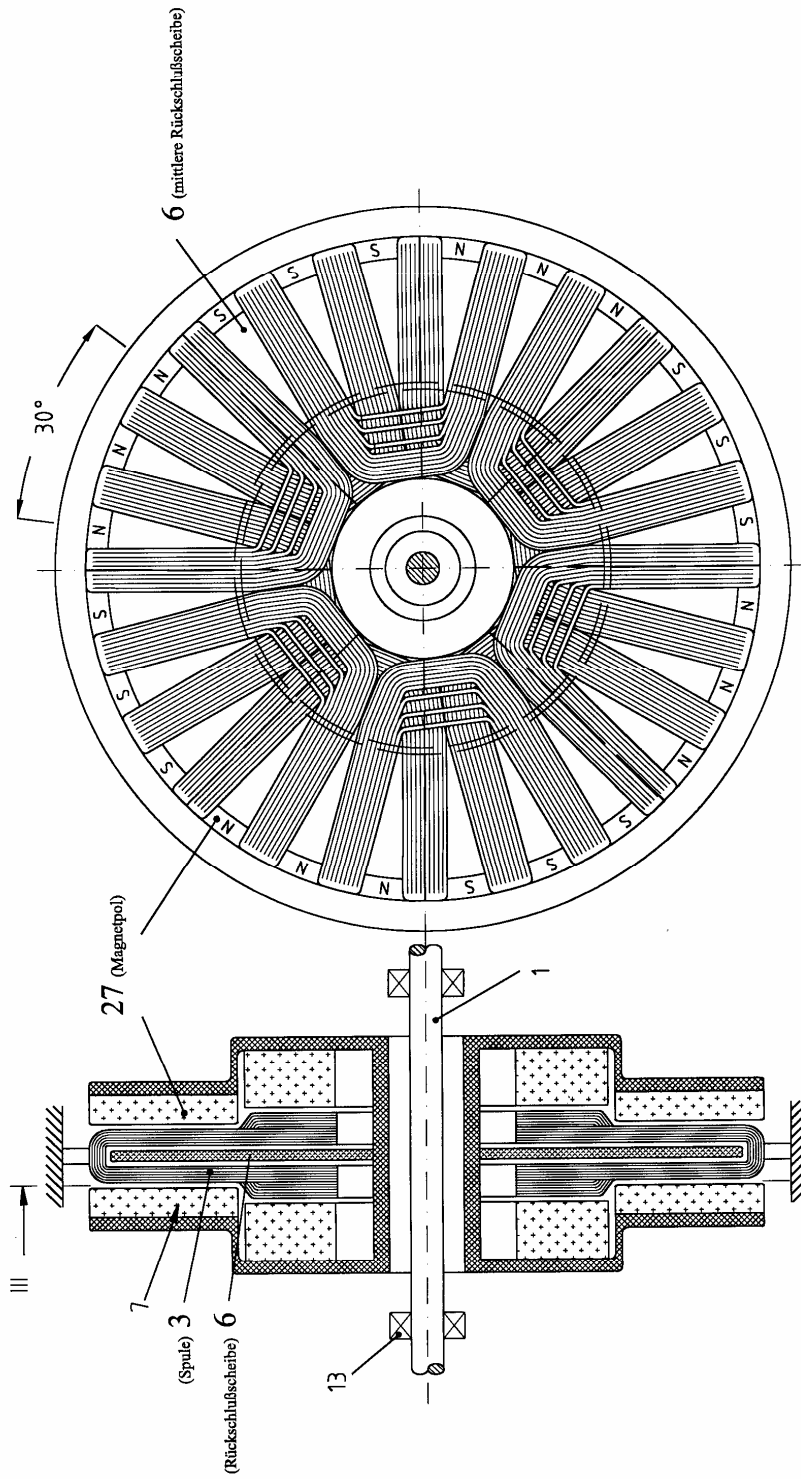
$\hat{I} = 0,55614$ (122% v. Bild 5)

$\hat{P} = 60,2715$ (160,6% v. Bild 5)

Bild 7

Volumen $V = 164\%$ v. Bild 5

Anlage



$\xi_{Sp} = 0,8244996$ (142% v. Bild 5)

$\hat{U} = 108,02$ (130,98% v. Bild 5)

$\hat{I} = 0,55687$ (122,35% v. Bild 5)

$\hat{P} = 60,153$ (160,3% v. Bild 5)

Fig. 9.17

Magnetpole: Fläche $A = 1070 + 341 = 1411$ (132% v. Bild 5)

Volumen $V = 164\%$ v. Bild 5

Fig. 8.17

Bild 8

Anlage

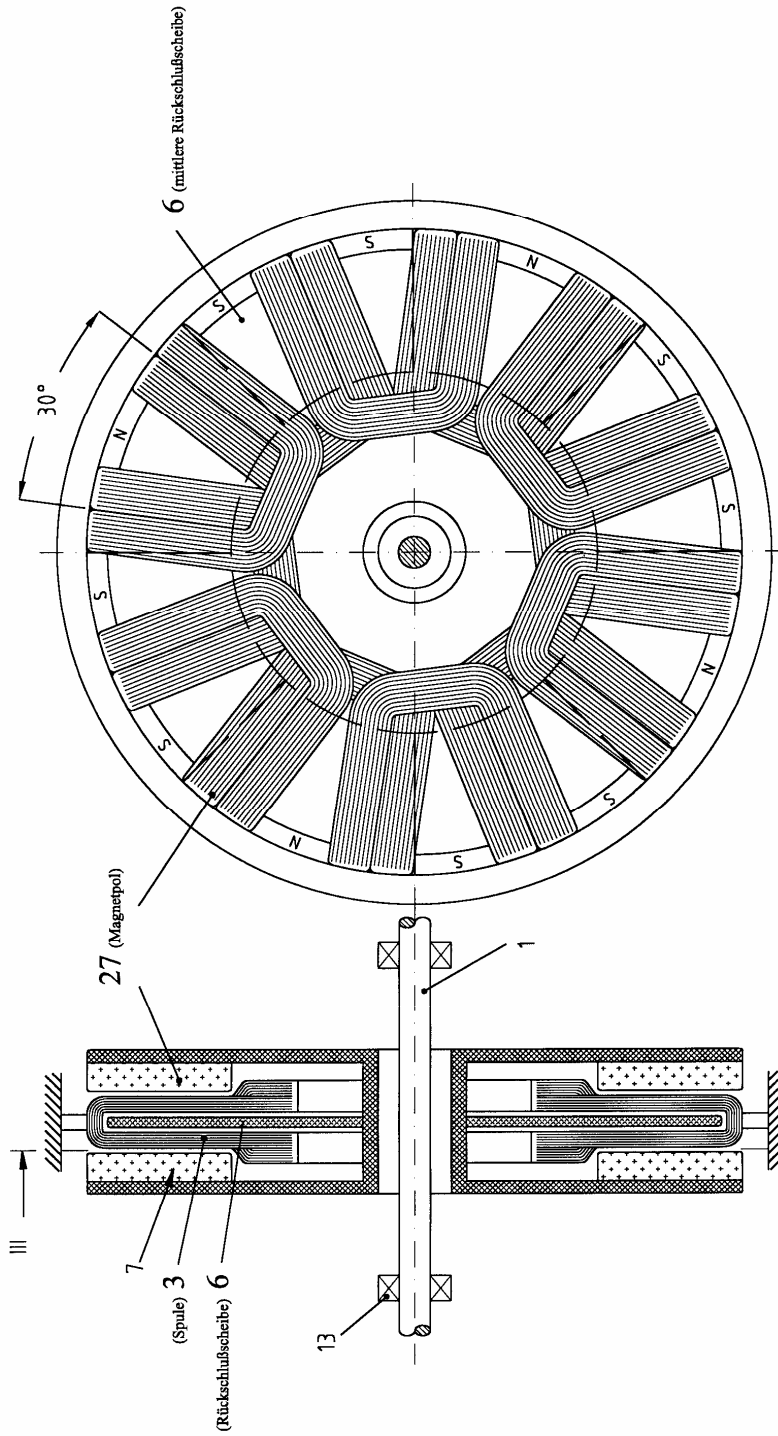


Fig. 9.11

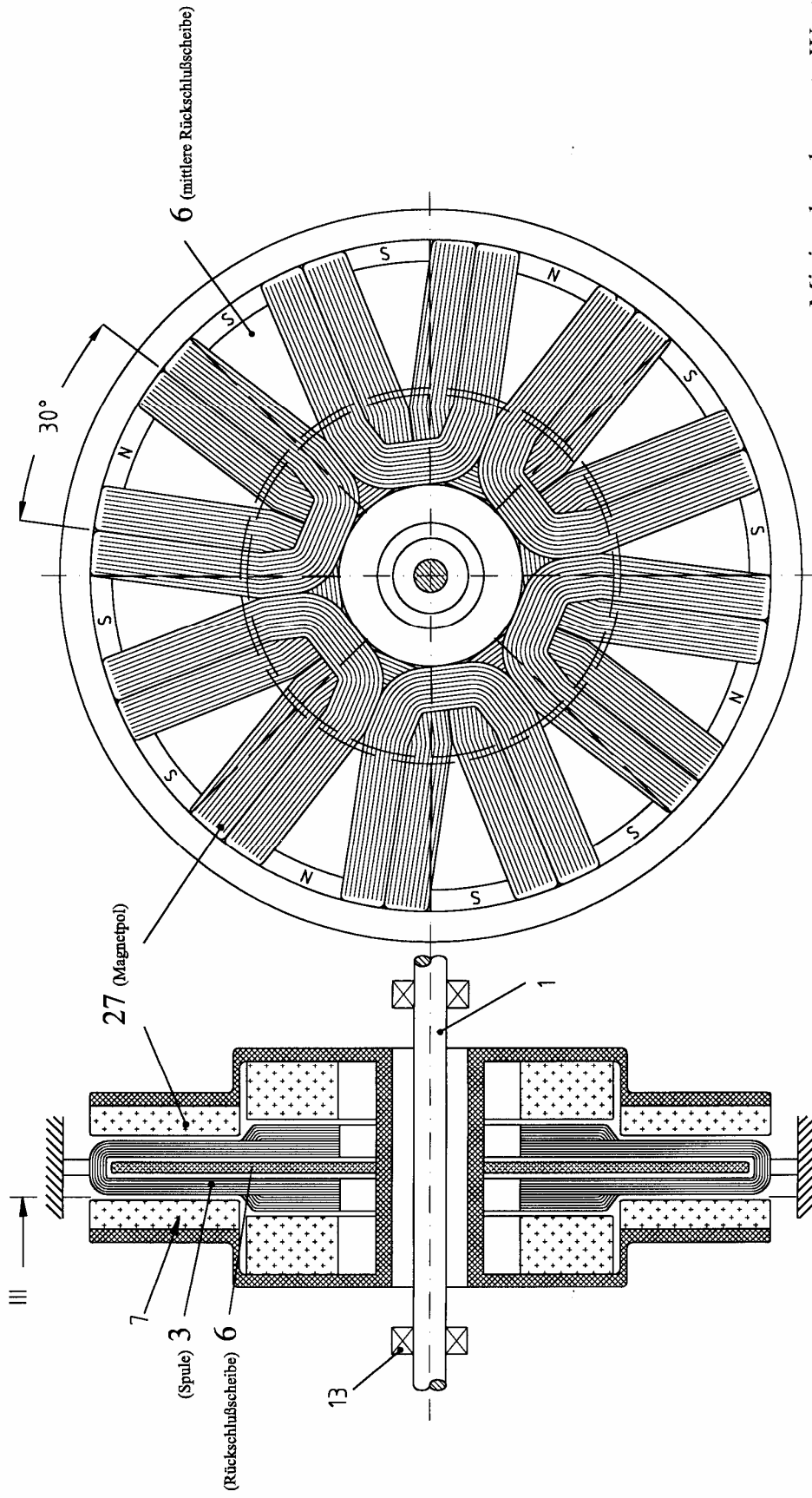
Fig. 8.11

Minimal verbesserte Werte
gegenüber denen aus Bild 5

Bild 9

Magnetpole: Fläche $A = 1070$ (100%)

Volumen $V = 100\%$



Minimal verbesserte Werte
gegenüber denen aus Bild 7

Magnetpole: Fläche $A = 1070 + 341 = 1411$ (132% v. Bild 5)

Volumen $V = 164\%$ v. Bild 5

Bild 10

Anlage

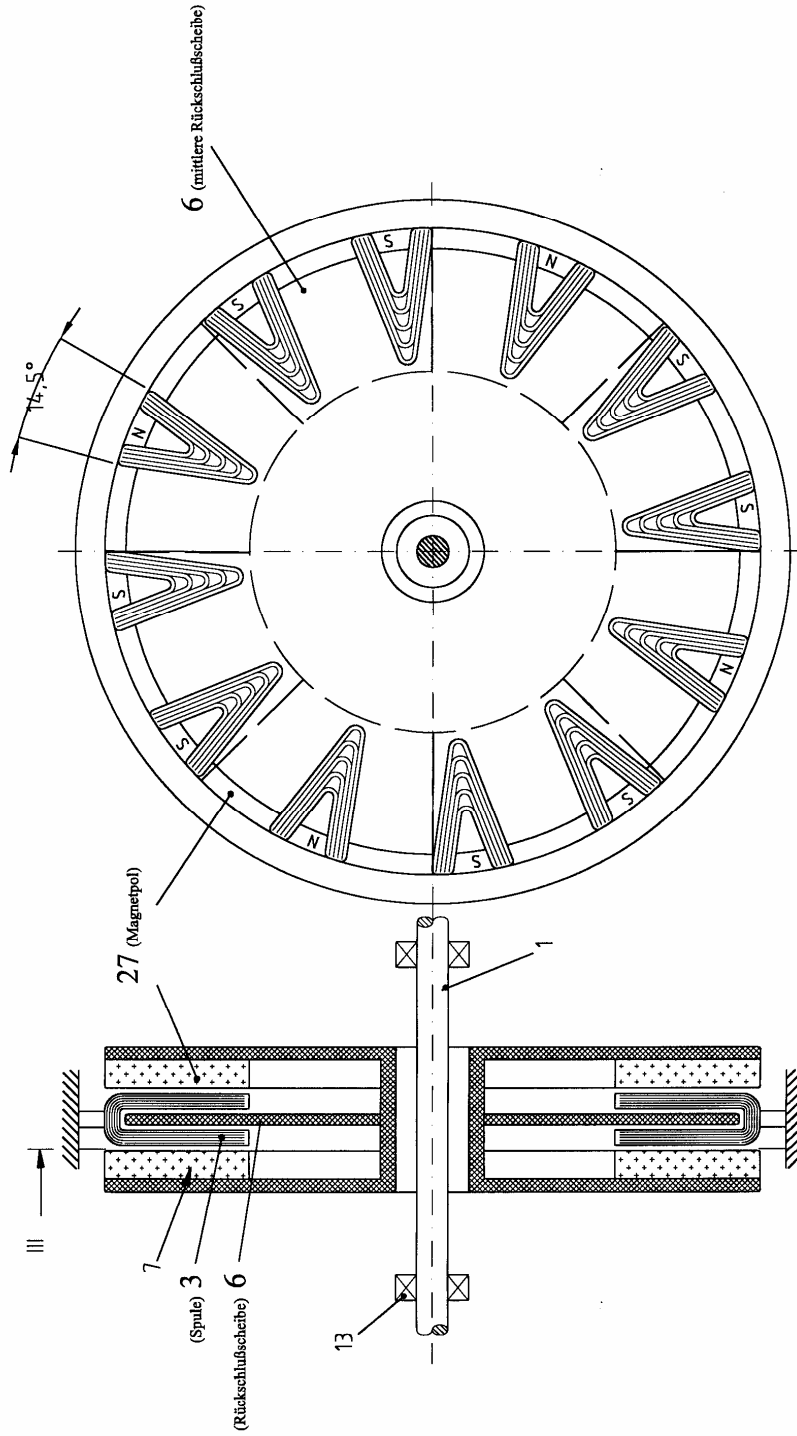


Fig.8.24a

Fig.9.24a

Bild 11

$\xi_{sp} = 0,77$ (132% v. Bild 5)
 $\hat{U} = 28,88$ (35% v. Bild 5)
 $\hat{I} = 0,656$ (144% v. Bild 5)
 $\hat{P} = 18,945$ (50,5% v. Bild 5)

Magnetpole: Fläche $A = 1070$ (100%)

Volumen $V = 100\%$

Anlage

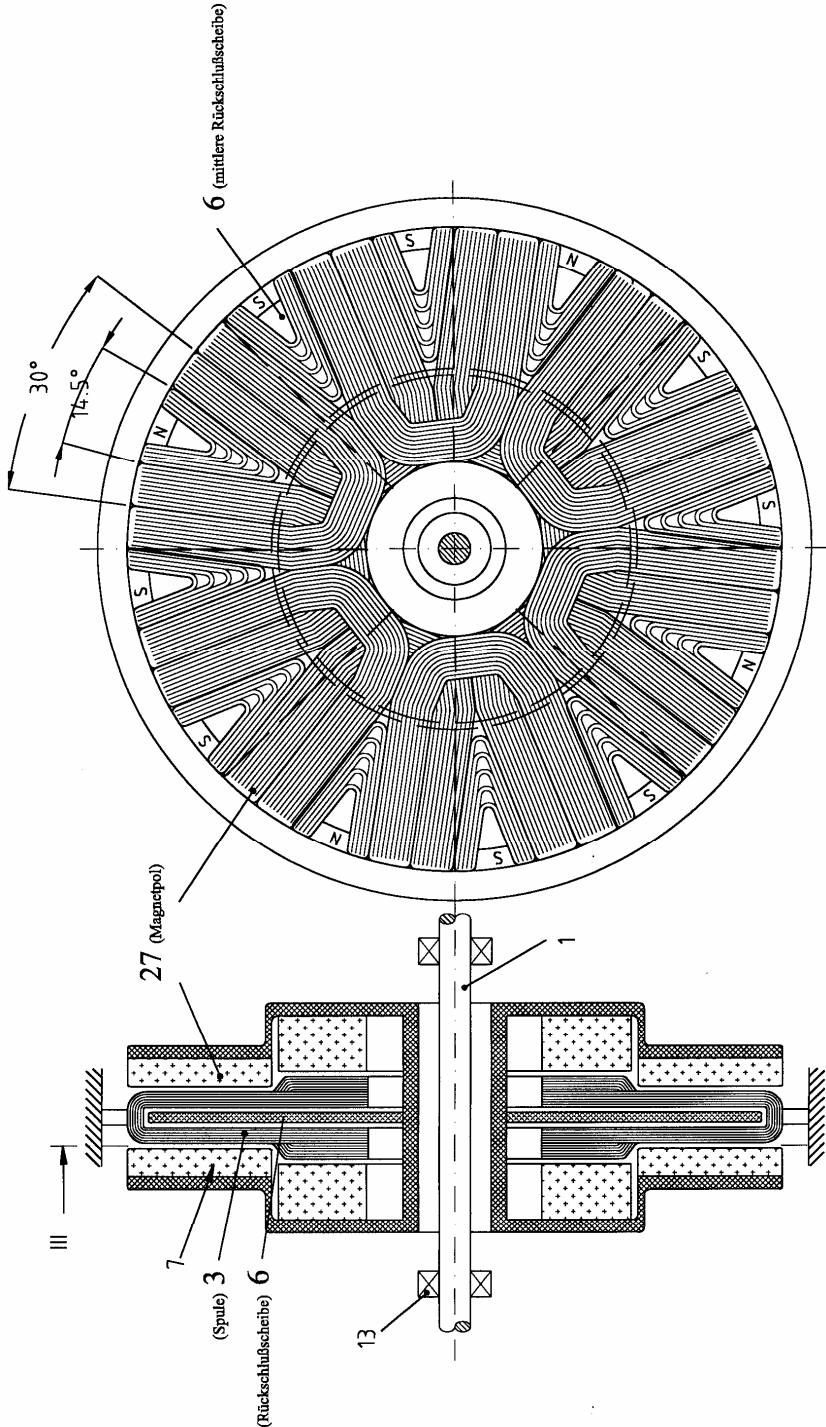


Fig.9.23

Fig.8.23

Bild 12

Leistungsverlauf der Wicklung von Bild 9 ergänzt durch
die Wicklung von Bild 11

im aktiven Bereich von 30°

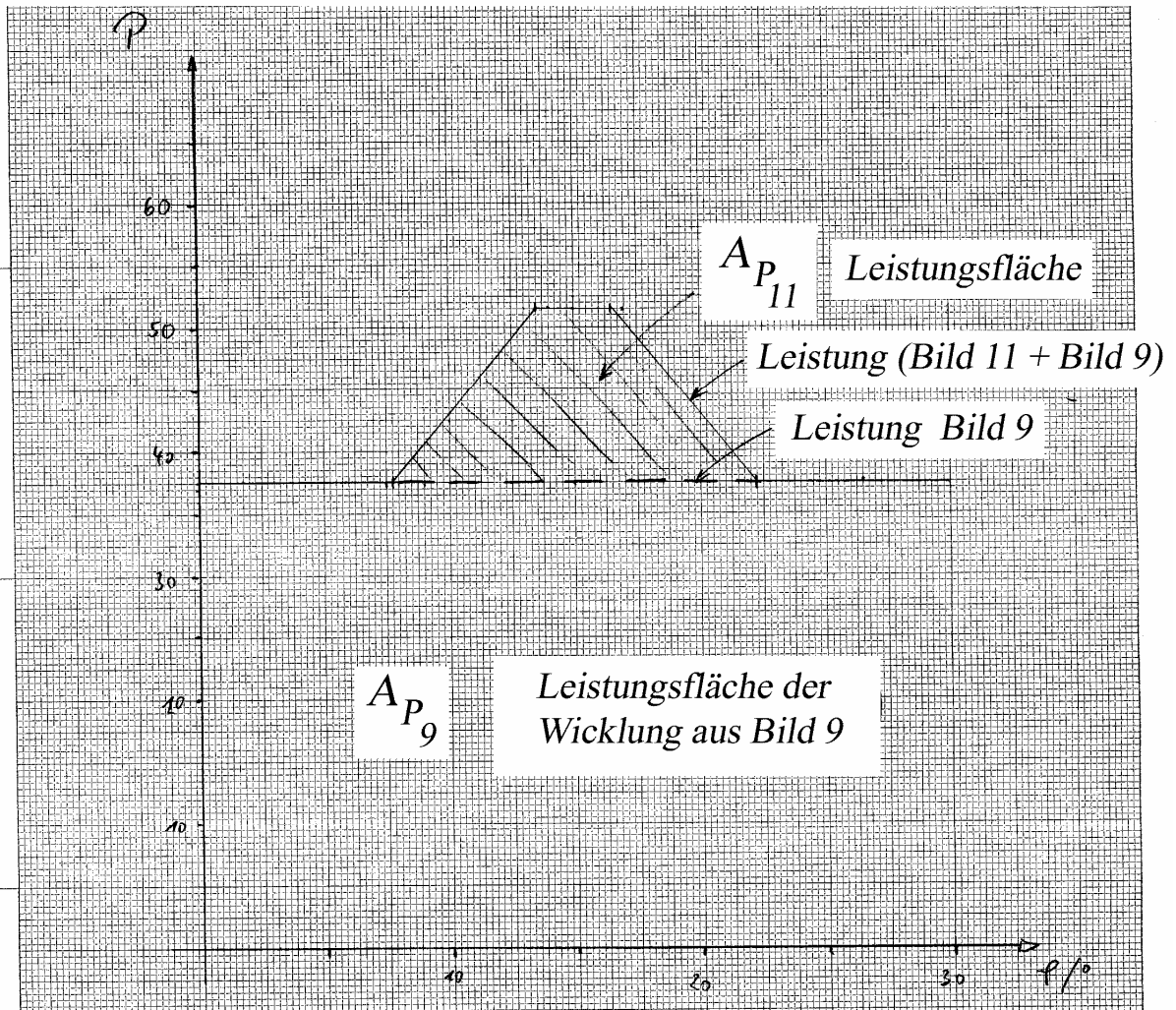


Bild 13

Leistungsverlauf der Wicklung von Bild 12 bzw. Bild 10+11

im aktiven Winkelbereich von 30°

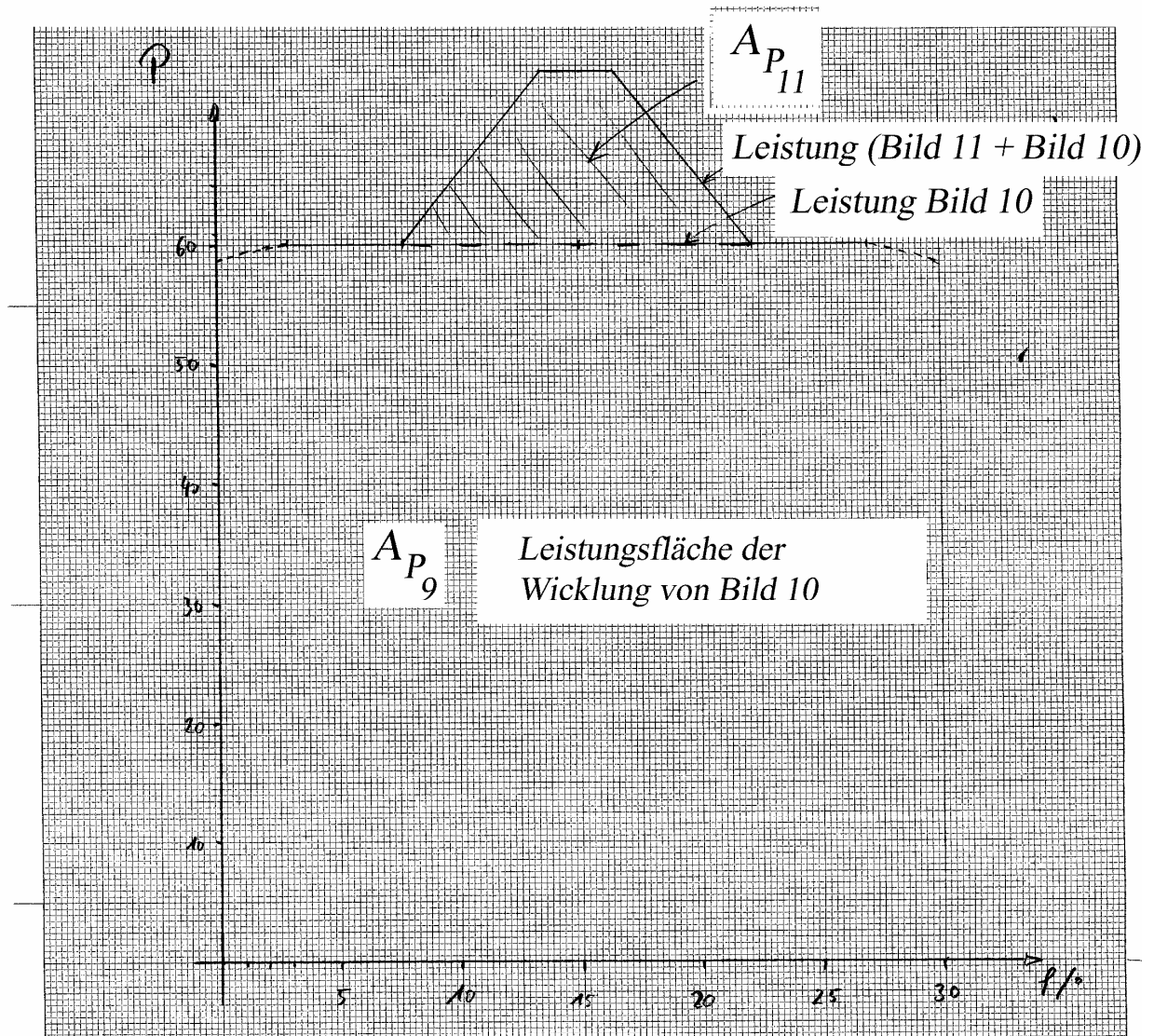


Bild 14