

⑫

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑰ Anmeldenummer: 85109620.6

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: **H 01 F 27/04, H 01 F 31/00**

⑱ Anmeldetag: 31.07.85

③① Priorität: 03.08.84 DE 3428763

⑦① Anmelder: Bertos AG, Glarus (CH)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.03.86  
Patentblatt 86/10

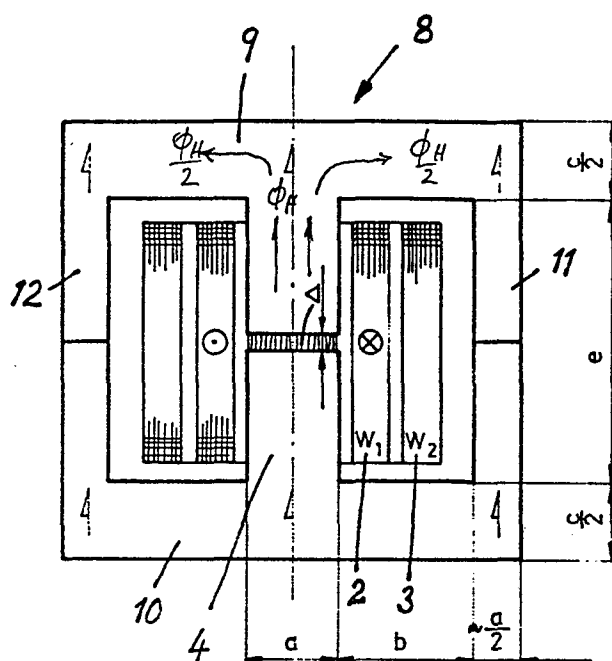
⑦② Erfinder: Tschuk, Robert, Herrleinstrasse 11,  
D-8750 Aschaffenburg (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: AT DE FR GB IT SE

⑦④ Vertreter: Eitle, Werner, Dipl.-Ing. et al, Hoffmann, Eitle  
& Partner Patentanwälte Arabellastrasse 4,  
D-8000 München 81 (DE)

⑤④ Hochleistungszündspule.

⑤⑦ Eine Hochleistungszündspule für Brennkraftmaschinen weist einen weichmagnetischen geschichteten Kern (8) aus kornorientiertem Blech und Luftspalt ( $\Delta$ ) und eine den Hauptkern (4) umgebende Primär- und Sekundärwicklung (2, 3) auf. Um ohne Anordnung eines Permanentmagneten eine unveränderte Energiespeicherfähigkeit und unveränderte Leistungsdaten der Zündspule zu erreichen, ist der Kern (8) derart aufgebaut und ausgebildet, daß der von der Primärwicklung (2) erzeugte Hauptfluß ( $\Phi_H$ ) im Hauptkern (4) in der Vorzugsrichtung des kornorientierten Bleches verläuft und daß die magnetische Induktion in den Jochteilen (9, 10) des Kerns (8) derart reduziert ist, daß in sämtlichen Teilabschnitten (4, 9, 10, 11, 12) des magnetischen Kreises ein etwa gleich großer Magnetisierungsbedarf herrscht.



### Hochleistungszündspule

Die Erfindung bezieht sich auf eine Hochleistungszündspule für Brennkraftmaschinen, mit einem weichmagnetischen geschichteten Kern aus kornorientiertem Blech und Luftspalt und einer den Hauptkern umgebenden Primär- und Sekundärwicklung.

Es ist bekannt, die Speicherfähigkeit von magnetischen Energiespeichern für pulsierenden Gleichstrom, insbesondere Zündspulen, dadurch zu erhöhen, daß im magnetischen Kreis das Magnetmaterial durch einen Permanentmagneten in umgekehrter Richtung wie der Hauptfluß des pulsierenden Gleichstromes vormagnetisiert und somit nicht mehr einseitig vom pulsierenden Gleichstrom beaufschlagt wird. Damit kann bei gleichem Aufwand an Aktivmaterial - magnetischer Kreis und Wicklung - entweder nahezu doppelt soviel elektrische Energie gespeichert werden, oder es kann bei gleicher gespeicherter magnetischer Energie der Aktivteil entsprechend kleiner bemessen werden. Die Feldliniendichte, d.h. die magnetische Induktion, kann bei derart bemessenen magnetisch vorgespannten Kreisen bis zu 35%

gegenüber herkömmlicher Dimensionierung erhöht werden, wobei trotzdem eine Proportionalität zwischen aufgeprägtem Strom und magnetischem Fluß erreicht wird. Bei den in der Praxis zur Anwendung gelangenden magnetischen Induktionen von 1,0 ... 1,4 T derart vorgespannter magnetischer Kreise herrscht im Luftspalt des magnetischen Kreises, wo sich die magnetische Energie konzentriert, bereits eine derart hohe magnetische Feldstärke, daß die Permanentmagnete in ihrer Koerzitivfeldstärke übersteuert werden.

10

Um eine solche Übersteuerung zu vermeiden, wird der Luftspalt beispielsweise schräg im magnetischen Kreis angeordnet (DE-U- 79 24 989), oder aber der Luftspalt wird an einer oder beiden Stirnseiten des Hauptkerns, der die erregende Primärwicklung trägt, angeordnet (DE-B- 12 55 990) und/oder die Luftspaltfläche wird vergrößert. Infolge der Anordnung der Permanentmagnete an einer oder beiden Stirnseiten des die Primärwicklung tragenden Hauptkerns tritt eine unerwünschte magnetische Streuung auf, denn der Hauptfluß verläßt die im magnetischen Kreis vorgegebenen Bahnen aufgrund des geringeren magnetischen Widerstandes außerhalb der erregenden Primärwicklung. Der magnetische Hauptfluß ist somit nicht mehr vollständig mit den einzelnen Windungen der Primärwicklung verkettet, die Rückschlußschenkel des magnetischen Kreises werden nicht mehr voll ausgenutzt; der magnetische Kreis wird bei dieser Anordnung der Luftspalte örtlich übersättigt.

20

25

Die Permanentmagnete sind kostspielig und die Anordnung im magnetischen Kreis während der Fertigung erfordert große Sorgfalt. Dauermagnetwerkstoffe aus Kobalt und seltenen Erden, insbesondere Kobalt-Samarium, zeichnen sich zwar durch eine besonders große Koerzitivfeldstärke bei

30

gleichzeitig hoher Sättigung und guter Temperaturbeständigkeit aus. Der thermischen Beanspruchung sind jedoch Grenzen gesetzt, deren Überschreitung einen Einbruch der Koerzitivfeldstärke mit sich zieht und somit die Speicherfähigkeit einer Zündspule erheblich beeinträchtigt werden kann.

Bei bekannten magnetischen Kreisen von Zündspulen kommen bei Anwendung weichmagnetischen Materials Kernbleche in E-, I-Form, U-, I-Form oder M-Form, wie sie beispielsweise in DIN 41302 genormt sind, zur Anwendung. Diese Kernbleche haben als gemeinsames Merkmal, daß die magnetische Induktion über den gesamten magnetischen Kreis praktisch gleich groß ist. Auch beim Einsatz von kornorientiertem Elektroblech (gemäß DIN 46400) werden Kernbleche für Zündspulen gemäß DIN 41302 oder in ähnlicher symmetrischer Bemessung zur Anwendung gebracht.

Kornorientiertes Elektroblech zeichnet sich gegenüber den übrigen weichmagnetischen Werkstoffen durch eine ausgeprägte magnetische Vorzugsrichtung in Walzrichtung (Längsrichtung) aus und hat in dieser Längsrichtung eine etwa zehnmal bessere Magnetisierbarkeit als herkömmliche nicht kornorientierte Elektrobleche. Quer zur Walzrichtung hat kornorientiertes Elektroblech allerdings etwa die gleichen magnetischen Eigenschaften wie nicht kornorientierte Elektrobleche.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den weichmagnetischen Kern einer Hochleistungszündspule der eingangs beschriebenen Art derart auszubilden und aufzubauen, daß bei unveränderter Primär- und Sekundärwicklung und somit unveränderter magnetischer Induktion im Hauptkern und ohne

Anordnung eines Permanentmagneten eine unverändert große magnetische Energie speicherbar ist und dementsprechend unveränderte Leistungsdaten der Zündspule erbringbar sind.

5 Diese Aufgabe wird mit einer Hochleistungszündspule der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Kern derart ausgebildet und aufgebaut ist,

10 a) daß der von der Primärwicklung erzeugte Hauptfluß im Hauptkern in der Vorzugsrichtung kornorientierten Bleches verläuft, und

15 b) daß die magnetische Induktion in den Jochteilen des Kerns derart reduziert ist, daß in sämtlichen Teilabschnitten des magnetischen Kreises ein etwa gleich großer Magnetisierungsbedarf herrscht.

20 Zweckmäßig sind die Jochteile des Kerns quer zur Vorzugsrichtung des kornorientierten Bleches in der magnetischen Induktion entsprechend der zugeordneten größtmöglichen Permeabilität bemessen.

25 Vorteilhaft beträgt die Querschnittsfläche der quer zur Vorzugsrichtung magnetisierten Teile des Kerns etwa das 1,5- bis 1,8-fache der Querschnittsfläche des in Vorzugsrichtung magnetisierten Hauptkerns.

30 Mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Kerns ist es möglich, unter Beibehaltung der Windungszahl der Primär- und Sekundärwicklung sowie der Querschnittsfläche der in der Vorzugsrichtung, d.h. Walzrichtung der magnetisierten Teile des Kerns, lediglich durch geringfügig mehr Materialaufwand bei Vergrößerung der Querschnittsfläche der quer

zur Vorzugsrichtung magnetisierten Teile des Kerns die gleichen Eigenschaften und Leistungsdaten der Zündspule zu erreichen, wie sie mit der Anbringung eines Permanentmagneten zur magnetischen Vorspannung erreicht werden können.

Mit geringfügig mehr Materialaufwand für den magnetischen Kreis kann also bei dem erfindungsgemäßen Aufbau ein kostspieliger Permanentmagnet eingespart und darüber hinaus die Fertigung wesentlich vereinfacht werden, da keine erhöhte Sorgfalt und Aufmerksamkeit dem richtigen Einbau und der richtigen Polarisierung des spröden Permanentmagneten gewidmet werden muß.

Außerdem können Zündspulen mit einem gemäß der Erfindung ausgebildeten und aufgebauten Kern, die praktisch das halbe Leistungsgewicht verglichen mit Stabzündspulen haben, nun ohne Permanentmagnet kurzfristig thermisch bis über 150°C belastet werden, ohne daß die magnetischen Eigenschaften und somit die Leistungsdaten der Zündspule beeinflusst werden.

Zweckmäßig beträgt bei einem Kern vom Kerntyp bei gleicher Kernschichthöhe die Höhe der quer zur Vorzugsrichtung magnetisierten Joche etwa das 1,5- bis 1,8-fache der Breite des in der Vorzugsrichtung magnetisierten Hauptkerns. Bei einem Kern vom Manteltyp dagegen beträgt vorteilhaft bei gleicher Kernschichthöhe die Höhe der quer zur Vorzugsrichtung magnetisierten Joche etwa das 0,75- bis 0,9-fache der Breite des in der Vorzugsrichtung magnetisierten Hauptkerns.

Der Luftspalt ist zweckmäßig im Hauptkern etwa mittig zur Primärwicklung angeordnet. Dies bringt insbesondere den

Vorteil einer optimalen Abführung der entstehenden Wärme über den Hauptkern und den gesamten Kern.

5 Eine Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß bei einem aus EI-Blechen geschichteten Kern bei gleicher Kernschichthöhe die Höhe des quer zur Vorzugsrichtung magnetisierten Jochs etwa das 0,75- bis 0,9-fache und die Höhe des in der Vorzugsrichtung magnetisierten I-förmigen Jochs etwa das 0,5-fache der Breite des in der Vorzugsrichtung magnetisierten Hauptkerns beträgt.

15 Gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung besteht bei einem aus UU-Blechen geschichteten Kern der Kern aus zwei gleichen U-Teilen bzw. bei einem aus EE-Blechen geschichteten Kern aus zwei gleichen E-Teilen.

20 Weiter kann der Kern vorteilhaft aus UU-Blechen und einem in der Vorzugsrichtung magnetisierten I-förmigen Hauptkern aufgebaut sein, der mit vier Keilflächen durch einen Schrägärungsschnitt an die UU-Bleche anschließt, wobei an wenigstens einer Stirnseite des Hauptkerns symmetrisch der Luftspalt angeordnet ist.

25 Es kann auch vorgesehen werden, daß in dem Luftspalt ein Permanentmagnet zwecks magnetischer Vorspannung des magnetischen Kreises eingefügt ist. Hiermit können unter voller Materialausnutzung bei Ausgewogenheit in allen magnetischen Teilstücken des Kerns hinsichtlich der Magnetisierung in bezug auf die Vorzugsrichtung des Kernmaterials  
30 entweder die Leistungsdaten der Zündspule zusätzlich gesteigert werden, oder es kann bei unveränderten Leistungsdaten weniger Material zum Einsatz gebracht werden.

Schließlich können zur Verbesserung der magnetischen Eigenschaften die gestanzten Kernbleche nach dem Stanzen vorteilhaft nachgeglüht werden.

5 Die Erfindung ist im folgenden an Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen

10 Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Kernaufbau für einen Kern vom Kerntyp in Seitenschnittansicht,

Fig. 2 einen Kernaufbau wie in Fig. 1 in Stirnschnittansicht,

15 Fig. 3 einen Kernaufbau wie in Fig. 1 in Querschnittsansicht,

20 Fig. 4 einen erfindungsgemäßen Kernaufbau mit einem Kern vom Manteltyp in Seitenschnittansicht,

Fig. 5 einen Kernaufbau wie in Fig. 4 in Stirnschnittansicht,

25 Fig. 6 einen Kernaufbau wie in Fig. 4 in Querschnittsansicht,

Fig. 7 eine Darstellung eines erfindungsgemäßen Kernaufbaus aus EI-Blechen,

30 Fig. 8 eine Darstellung eines erfindungsgemäßen Kernaufbaus aus UU-Blechen und I-förmigem Hauptkern mit Schrägschnitt an den Stirnseiten,



Fig. 9 eine Darstellung der Gleichfeld-Kommutierungskurve (Permeabilitätskurve), und

5 Fig. 10 eine Darstellung der Kennlinie Hauptfluß über Erregerstrom.

10 In den Fig. 1 bis 3 ist ein Kernaufbau mit einem weichmagnetischen geschichteten Kern 1 vom Kerntyp, geschichtet aus UU-Bleichen gleicher Form, dargestellt. Eine Primärwicklung 2 mit der Windungszahl  $w_1$  und eine Sekundärwicklung 3 mit der Windungszahl  $w_2$  umgeben den Hauptkern 4. Die Kernbleche sind derartig gestanzt, daß sowohl der Haupt-

15 term 4 als auch der Rückschlußschenkel 5 in der magnetischen Vorzugsrichtung (Walzrichtung) des kornorientierten Bleches magnetisiert werden, während Joche 6 und 7 quer zur magnetischen Vorzugsrichtung magnetisiert werden. Ein Luftspalt  $\Delta$  ist im Hauptkern 4 etwa mittig zur Primärwicklung 2 angeordnet.

20

Das Wicklungsfenster hat eine Breite  $b$  und eine Höhe  $e$ . Die Kernschichthöhe ist  $d$ , die Breite des Hauptkerns 4 ist  $a$ , die Breite des Rückschlußschenkels 5 etwa  $a$ . Die Höhe der Joche 6 und 7 ist  $c$ . Die Walzrichtung der Bleche ist mit Pfeilen angedeutet. Mit  $F_{EL}$  ist die Querschnittsfläche des in der Vorzugsrichtung magnetisierten Hauptkerns 4, mit  $F_{EQ}$  die Querschnittsfläche der quer zur Vorzugsrichtung magnetisierten Joche 6, 7 bezeichnet.

25

30 Der Kern 1 ist derart ausgebildet und aufgebaut, daß das Verhältnis von Jochhöhe  $c$  zu Kernbreite  $a$  1,5 bis 1,8, vorzugsweise 1,7, beträgt.

In den Fig. 4 bis 6 ist ein bevorzugter Kernaufbau vom Manteltyp mit einem Kern 8 dargestellt. Joche 9 und 10 haben hier eine Höhe  $c/2$  während Rückschlußschenkel 11 und 12 eine Breite etwa  $a/2$  aufweisen. Hier beträgt das  
5 Verhältnis der Höhe  $c/2$  der Joche 9, 10 zur Breite  $a$  des Hauptkerns 4 0,75 bis 0,9, vorzugsweise 0,85.

Fig. 7 zeigt ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemäßen Kernaufbaus vom Manteltyp mit einem Kern 13, der aus  
10 E- und I-Bleichen geschichtet ist. Das Verhältnis der Höhe  $c/2$  des einen Jochs 10 zur Breite  $a$  des Hauptkerns 4 beträgt hier wieder 0,75 bis 0,9, vorzugsweise 0,85, während die Höhe  $a/2$  des Joches 9 etwa die Hälfte der Breite  $a$  des Hauptkerns 4 beträgt. Das Joch 9 ist aus I-Bleichen  
15 geschichtet, die in Vorzugsrichtung magnetisiert sind.

Die Höhen und Breiten des in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Kernaufbaus vom  
Manteltyp mit Kern 14 sind die gleichen wie bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Fig. 4 bis 6.  
20

Die Kernbleche sowohl des Kerns 6 vom Kerntyp als auch der Kerne 8, 13, 14 vom Manteltyp sind derart gestanzt, daß in Walzrichtung der magnetischen Vorzugsrichtung des  
25 kornorientierten Bleches der magnetische Hauptfluß  $\Phi_H$  bei Beaufschlagung durch den Strom  $I$  der Primärwicklung 2 aufgebaut wird. Vorzugsweise ist der magnetische Kreis etwa mittig der Primärwicklung 2 durch den Luftspalt  $\Delta$ , dem Hauptsitz des magnetischen Feldes, unterbrochen.  
30

Das magnetische Feld ist ein Energiespeicher. Nach der Theorie ist die gesamte im Magnetfeld einer vom Strom  $I$

durchflossene Spule vorhandene Energie

$$W = 1/2 W \cdot \phi_H \cdot I = 1/2 L I^2.$$

- 5 In dieser Gleichung ist vorausgesetzt, daß die Induktivität  $L$  konstant und die Spulenflüsse den erregenden Strömen proportional sind, also kein Eisen vorhanden oder wenigstens das Eisen ungesättigt ist. Bei einer
- 10 Spule mit Eisenkern ist der magnetische Fluß eine Funktion des Stromes selbst, so daß bei Sättigung des Eisenkernes der magnetische Fluß  $\phi$  mit dem Strom  $I$  zunimmt; die Spuleninduktivität  $L$  nimmt ab, und somit die Speicherkapazität für magnetische Energie.
- 15 Es ist bekannt, daß der Magnetisierungsbedarf kornorientierter Elektrobleche in Walzrichtung, der magnetischen Vorzugsrichtung, etwa nur 1/10 desjenigen Bedarfs beträgt, der erforderlich ist, um die Elektrobleche quer zur Walzrichtung zu magnetisieren. Kalt- und warmgewalzte, nicht
- 20 kornorientierte Elektrobleche und Bänder haben etwa den gleichen Magnetisierungsbedarf wie kornorientierte Bleche quer zur Walzrichtung. In Walzrichtung kann also das kornorientierte Blech mit magnetischen Induktionen von 1,5 ... 1,7 T spezifisch belastet werden, ohne einen größeren Magnetisierungsbedarf zu benötigen als die herkömmlichen Elektrobleche.
- 25
- 30 Die Kernbleche herkömmlicher und handelsüblicher Art sind so bemessen, daß der Querschnitt des Rückflusses etwa gleich groß ist, wie der Querschnitt des Hauptflusses. Wird bei Anwendung dieser Art von Elektroblechen magnetisches Material mit ausgeprägter Vorzugsrichtung, z.B. kornorientiertes Blech mit der Vorzugsrichtung in Walzrichtung

zur Anwendung gebracht, so kann zwar der den magnetischen Hauptfluß führende Teil des magnetischen Kreises entsprechend spezifisch hoch belastet werden, diejenigen Teile des Kernbleches, in denen der magnetische Fluß quer zur Walzrichtung getrieben werden muß, erfordern jedoch einen entsprechend hohen Magnetisierungsbedarf.

In Fig. 9 ist für ein handelsübliches kornorientiertes Blech gemäß DIN 40600 der Magnetisierungsbedarf  $H$  (A/cm) der spezifischen Materialbeanspruchung, der magnetischen Induktion  $B$  (T), zugeordnet. Die Kurve a) zeigt den Magnetisierungsbedarf in Walzrichtung, die Kurve b) quer zur Walzrichtung. Der Magnetisierungsbedarf und die Sättigungseigenschaften dieses Materials sowohl in Walzrichtung als auch quer zur Walzrichtung werden durch die Kurven a) und b) der relativen Permeabilität  $\mu_r$  veranschaulicht: In Walzrichtung ist die relative Permeabilität etwa zehnmal größer als in Querrichtung.

In Fig. 10 zeigt die Kurve I die bekannte Scherung bei Übersättigung des magnetischen Kreises. In bekannt gewordenen Ausgestaltungen von Zündspulen mit Kernblechen der DIN-mäßigen Bemessung rührt die Scherung der Kennlinie I etwa bei der Induktion von 1,0 ... 1,2 T einzig und allein von dem erhöhten Magnetisierungsbedarf quer zur Walzrichtung der Teilstücke des magnetischen Kreises her. Die Anbringung eines Permanentmagneten im Luftspalt des magnetischen Kreises vermeidet diesen Nachteil der Ausscherung und somit der Speicherfähigkeit der Induktivität, weil durch die Gleichstromvormagnetisierung entgegen der Flußrichtung der Zündspule der Induktionshub bekanntlich vergrößert wird und die Speicherfähigkeit direkt quadratisch mit dem beaufschlagten Strom zunimmt.

Gemäß der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Kernbleche für Kernmaterialien mit magnetischer Vorzugsrichtung werden diejenigen Teilstücke des magnetischen Kreises, die quer zur Walzrichtung magnetisiert werden, bis höchstens  
 5 derjenigen Induktion bemessen, die etwa der maximalen relativen Permeabilität entspricht. In Fig. 9 ist an einem Bemessungsbeispiel für das Kernblech aus der relativen Permeabilitätskurve b) bei der maximalen Permeabilität (Punkt A) eine spezifische Materialbeanspruchung von etwa  
 10 1,0 T zu entnehmen. Um den magnetischen Hauptfluß  $\Phi_H$  durch diese Teilstücke quer zur Walzrichtung zu treiben, sind etwa 1,8 A/cm erforderlich (Punkt B). Bei dem erfindungsgemäßen Kernaufbau ist der gesamte magnetische Kreis hinsichtlich der Magnetisierung etwa dann ausgewogen, wenn  
 15 für diejenigen Teile des magnetischen Kreises, die in Walzrichtung magnetisiert werden, bis etwa der gleiche Magnetisierungsbedarf für diese Teile aufgewendet wird. In diesem Ausführungsbeispiel für die Bemessung ist dies in der Magnetisierungskurve a) für das Blech in Walzrichtung etwa der Fall, wenn die magnetischen Teilstücke in  
 20 Walzrichtung mit etwa der Induktion 1,7 T (Punkt C) spezifisch beansprucht werden. In den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 bis 6 sind die Teilstücke der Längs- und Quermagnetisierung etwa gleich lang.

25 Dies bedeutet in diesem Ausführungsbeispiel, daß, um den magnetischen Hauptfluß durch den gesamten Magnetkreis zu treiben, etwa gilt:

30

$$\frac{B_L}{B_Q} = \frac{F_{EQ}}{F_{EL}} = \frac{c}{a} \sim 1,7.$$

Für die bisher bekannt gewordenen Kernmaterialien mit mag-

- netischer Vorzugsrichtung ergibt sich je nach Einsatz der Sorte für die Vergrößerung des Querschnitts in Querrichtung etwa der Faktor 1,5 ... 1,8. Versuche haben bestätigt, daß beispielsweise beim Einsatz der Sorte VM
- 5 111-35 gemäß DIN 40600 mit einer Vergrößerung des Joches bei einem EE-Blech auf das 1,7-fache des Querschnittes des Hauptflusses ein Optimum hinsichtlich der magnetischen Speicherfähigkeit erzielt worden ist.
- 10 Fig. 10 verdeutlicht darüber hinaus die Erfindung. In diesem Diagramm ist in einem Ausführungsbeispiel bei gegebener Primärwicklung mit der Windungszahl  $w_1$  und dem Eisenquerschnitt  $F_{EL}$  der magnetische Fluß  $\Phi$  in Abhängigkeit von der magnetischen Durchflutung, dem aufgeprägten Strom
- 15  $I$  dargestellt. In der Koordinate ist die Induktion  $B$ , also bezogen auf die spezifische Beanspruchung in Walzrichtung dargestellt; diese ist dem magnetischen Hauptfluß  $\Phi_H$  direkt proportional. Die Kurve II gilt für ein Kernblech herkömmlicher Art, ohne Querschnittsverstärkung quer zur
- 20 Walzrichtung. Zunächst steigt der Fluß  $\Phi$  proportional mit dem beaufschlagten Strom  $I$  an, bis in den magnetischen Teilstücken mit der Magnetisierung quer zur Walzrichtung die Sättigung erreicht ist. Mit der weiteren Steigerung des Stromes nimmt der magnetische Fluß kaum noch zu; die Kennlinie ist stark gekrümmt. Gemäß der erfindungsgemäßen Aus-
- 25 gestaltung des magnetischen Kreises dagegen ergibt sich bei dem maximal zu beaufschlagenden Spulenstrom noch ein direkt proportionaler Zusammenhang, so daß die maximale magnetische Energie bei diesem Strom der Zündspule (Permanen-
- 30 nentmagnet) gespeichert werden kann.

Bei der erfindungsgemäßen Ausbildung und Aufbau des Kerns ist es möglich, unter Beibehaltung der gleichen Windungs-

zahl und des gleichen Querschnitts  $F_E$  in Walzrichtung lediglich mit etwas mehr Materialaufwand durch Verstärkung der Fläche quer zur Walzrichtung die gleichen Eigenschaften und Leistungsdaten der Zündspule zu erreichen wie bei  
5 einer Spule mit der Anbringung eines Permanentmagneten zur magnetischen Vorspannung.

Die erfindungsgemäße Ausbildung des Kerns hat also den Vorteil, daß mit geringfügig mehr Materialaufwand des  
10 magnetischen Kreises ein kostspieliger Permanentmagnet eingespart werden kann und darüber hinaus die Fertigung wesentlich vereinfacht wird, weil keine erhöhte Sorgfalt und Aufmerksamkeit dem richtigen Einbau und der richtigen Polarisierung des spröden Permanentmagneten gewidmet werden muß. Außerdem können derart bemessene Zündspulen mit  
15 praktisch halbem Leistungsgewicht gegenüber Stabzündspulen ohne Permanentmagnet auch kurzfristig thermisch bis über 150°C belastet werden, ohne die magnetischen Eigenschaften und somit die Leistungsdaten der Zündspule negativ zu beeinflussen.  
20

Der erfindungsgemäße Aufbau des Kerns ist nicht nur für Zündspulen, sondern auch allgemein für magnetische Energiespeicher anwendbar, beispielsweise für Schaltnetzteile,  
25 Drosseln in Gleichstromteilern der Leistungselektronik etc..

Patentansprüche:

1. Hochleistungszündspule für Brennkraftmaschinen, mit  
einem weichmagnetischen geschichteten Kern (1, 8,  
13, 14) aus kornorientiertem Blech und Luftspalt ( $\Delta$ )  
und einer den Hauptkern umgebenden Primär- und Se-  
kundärwicklung (2, 3),  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Kern  
(1, 8, 13, 14) derart ausgebildet und aufgebaut ist,
  - a) daß der von der Primärwicklung (2) erzeugte Haupt-  
fluß ( $\phi_H$ ) im Hauptkern (4) in der Vorzugsrichtung  
des kornorientierten Bleches verläuft, und ..
  - b) daß die magnetische Induktion in den Jochteilen  
(6, 7, 9, 10) des Kerns derart reduziert ist, daß  
in sämtlichen Teilabschnitten (4, 5, 6, 7, 9, 10,  
11, 12) des magnetischen Kreises ein etwa gleich  
großer Magnetisierungsbedarf herrscht.
2. Hochleistungszündspule nach Anspruch 1,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Jochteile (6, 7, 9, 10) des Kerns (1, 8, 13, 14)  
quer zur Vorzugsrichtung des kornorientierten Bleches  
in der magnetischen Induktion entsprechend der zuge-  
ordneten größtmöglichen Permeabilität bemessen sind.
3. Hochleistungszündspule nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Querschnittsfläche ( $F_{EQ}$ ) der quer zur Vorzugsrichtung  
magnetisierten Teile (6, 7, 9, 10) des Kerns (1, 8,  
13, 14) etwa das 1,5- bis 1,8-fache der Querschnitts-  
fläche ( $F_{EL}$ ) des in der Vorzugsrichtung magnetisierten  
Hauptkerns (4) beträgt.



4. Hochleistungszündspule nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß bei einem  
Kern (1) vom Kerntyp bei gleicher Kernschichthöhe (d)  
die Höhe (c) der quer zur Vorzugsrichtung magnetisier-  
ten Joche (6, 7) etwa das 1,5- bis 1,8-fache der Brei-  
te (a) des in der Vorzugsrichtung magnetisierten Haupt-  
kerns (4) beträgt.
5. Hochleistungszündspule nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß bei einem  
Kern (8, 14) vom Manteltyp bei gleicher Kernschicht-  
höhe (d) die Höhe (c/2) der quer zur Vorzugsrichtung  
magnetisierten Joche (9, 10) etwa das 0,75- bis 0,9-  
fache der Breite (a) des in der Vorzugsrichtung magne-  
tisierten Hauptkerns (4) beträgt.
6. Hochleistungszündspule nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Luft-  
spalt ( $\Delta$ ) im Hauptkern (4) mittig zur Primärwicklung  
(2) angeordnet ist.
7. Hochleistungszündspule nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß bei einem  
aus EI-Bleichen geschichteten Kern (13) bei gleicher  
Kernschichthöhe (d) die Höhe (c/2) des quer zur Vor-  
zugsrichtung magnetisierten Jochs (10) etwa das 0,75-  
bis 0,9-fache und die Höhe (a/2) des in der Vorzugs-  
richtung magnetisierten I-förmigen Jochs (9) etwa das  
0,5-fache der Breite (a) des in der Vorzugsrichtung  
magnetisierten Hauptkerns (4) beträgt.

8. Hochleistungszündspule nach einem der Ansprüche  
1, 2, 4 oder 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß bei einem  
aus UU-Blechen geschichteten Kern (1) der Kern aus  
5 zwei gleichen U-Teilen besteht.
9. Hochleistungszündspule nach einem der Ansprüche  
1, 2, 5 oder 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß bei einem  
10 aus EE-Blechen geschichteten Kern (8) der Kern aus  
zwei gleichen E-Teilen besteht.
10. Hochleistungszündspule nach Anspruch 1, 2 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Kern  
15 (14) aus UU-Blechen und einem in der Vorzugsrichtung  
magnetisierten I-förmigen Hauptkern (4) aufgebaut ist,  
der mit vier Keilflächen durch einen Schräggärungs-  
schnitt an die UU-Bleche anschließt, und daß an wenig-  
stens einer Stirnseite des Hauptkerns (4) symmetrisch  
20 der Luftspalt ( $\Delta$ ) angeordnet ist.
11. Hochleistungszündspule nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß in dem  
25 Luftspalt ( $\Delta$ ) ein Permanentmagnet zwecks magnetischer  
Vorspannung des magnetischen Kreises vorgesehen ist.
12. Hochleistungszündspule nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß die Kern-  
bleche nach dem Stanzen nachgeglüht sind.

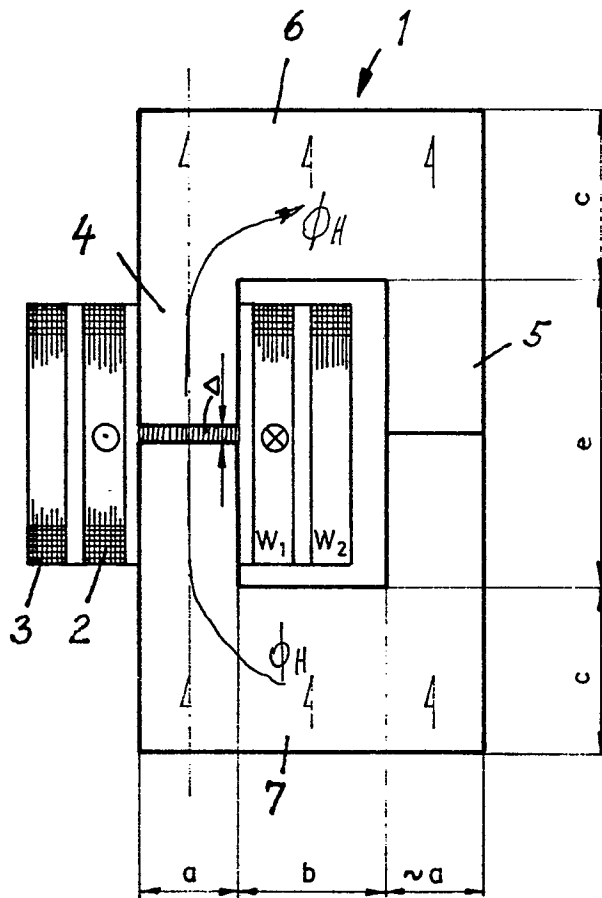


Fig. 1

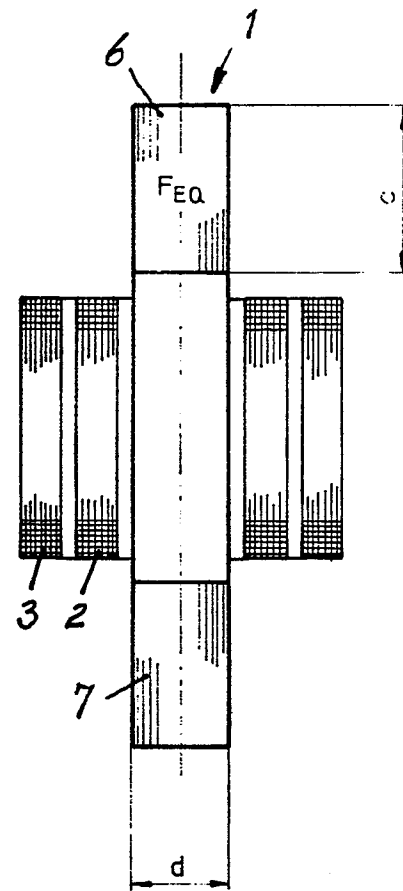


Fig. 2

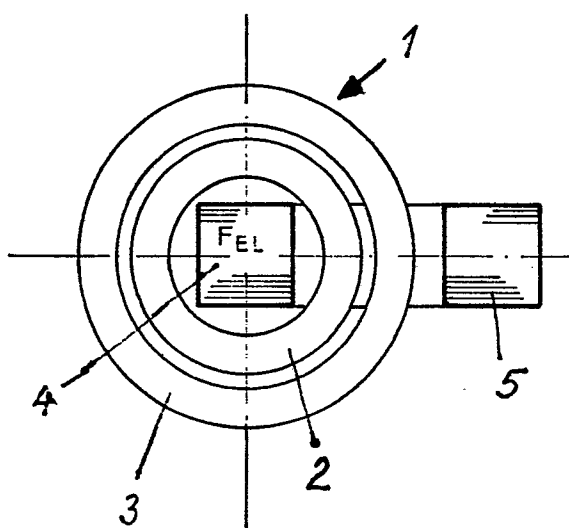


Fig. 3

4 Walzrichtung

$$\frac{B_L}{B_Q} = \frac{F_{EQ}}{F_{EL}} = \frac{c}{a} = 1,5 \dots 1,8$$

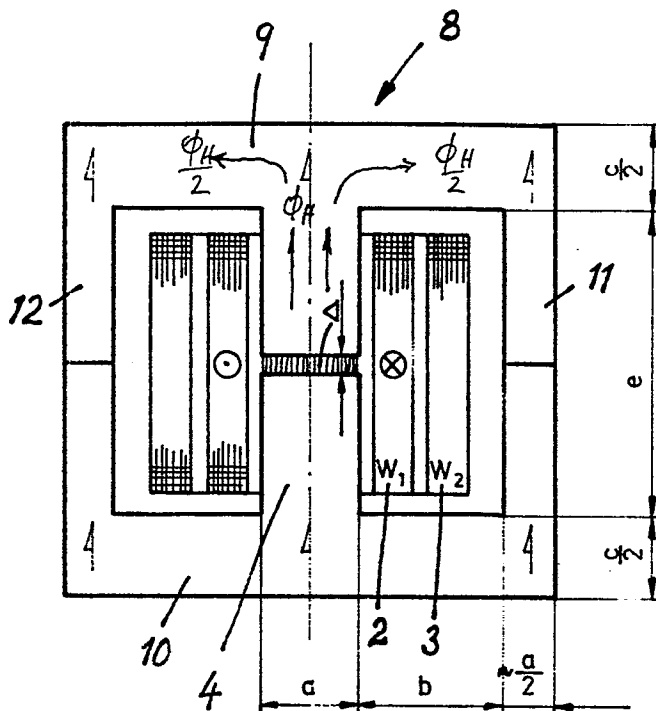


Fig.4

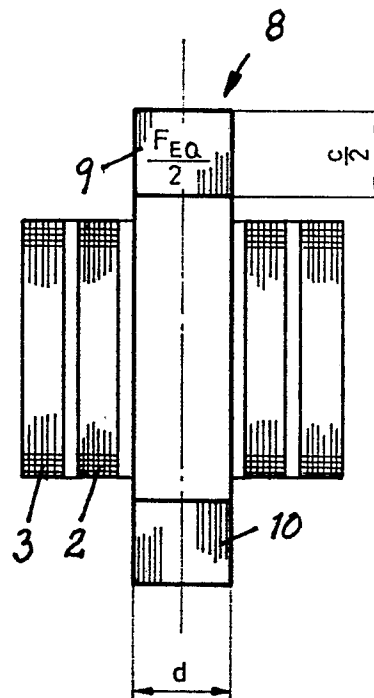


Fig.5

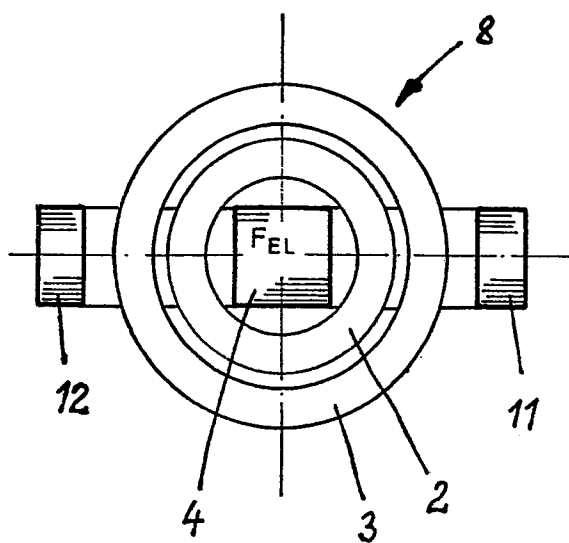


Fig.6

4 Walzrichtung

$$\frac{B_L}{B_Q} = \frac{F_{EQ}}{F_{EL}} = \frac{c}{a} = 1,5 \dots \dots 1,8$$

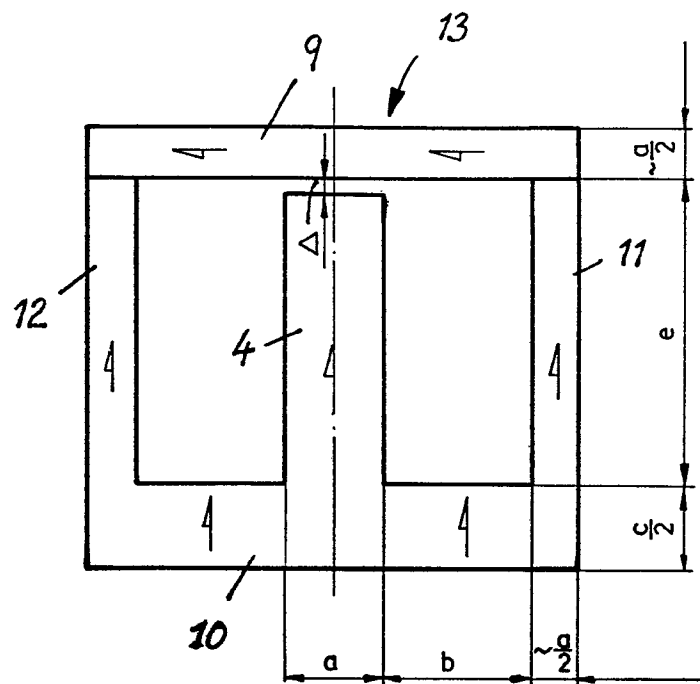


Fig. 7

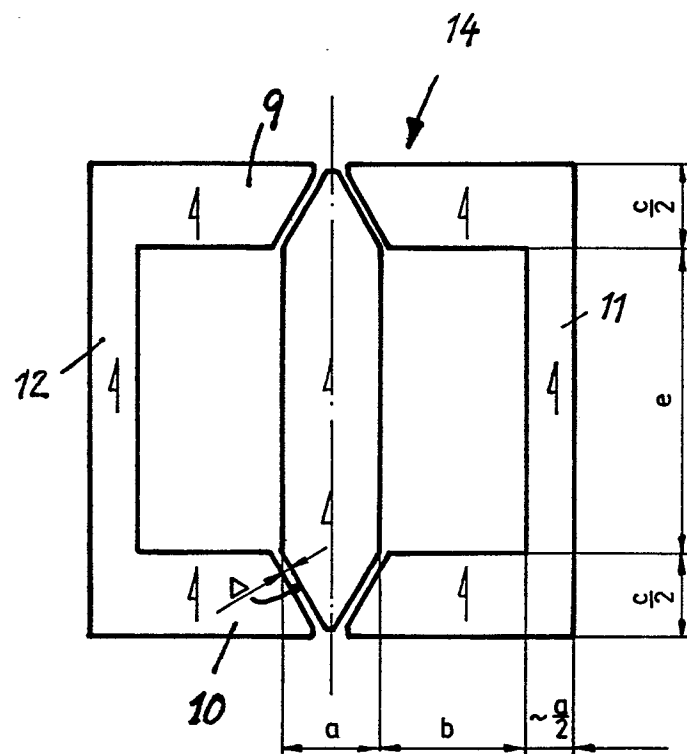
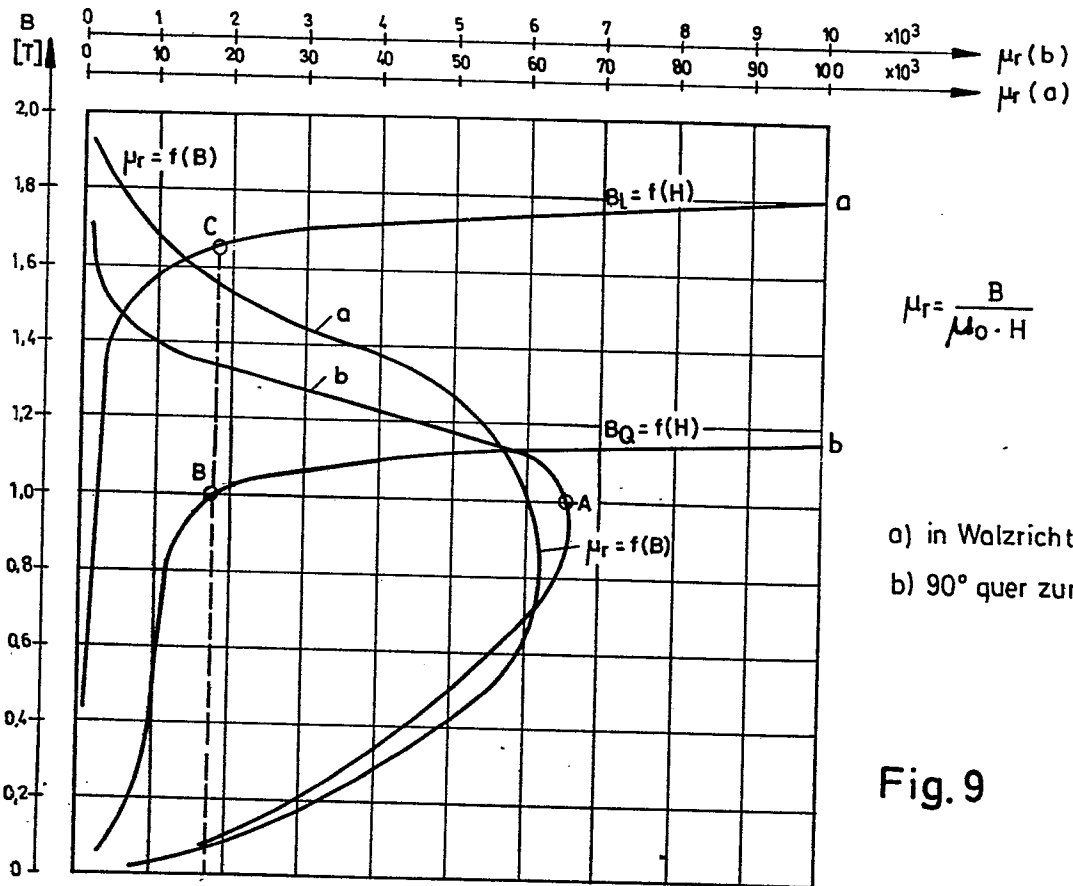


Fig. 8

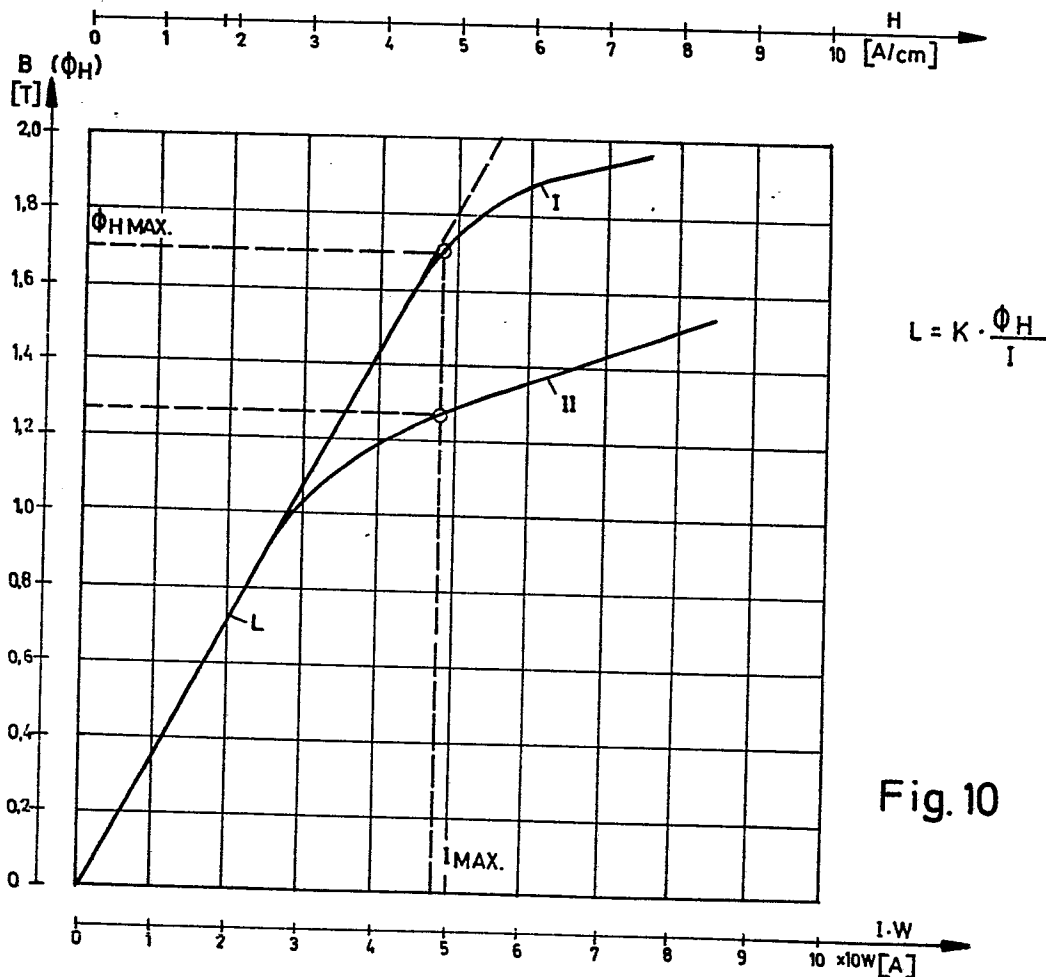
Gleichfeld - Kommutterungskurven



$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 \cdot H}$$

a) in Walzrichtung  
b) 90° quer zur Walzrichtung

Fig. 9



$$L = K \cdot \frac{\Phi_H}{I}$$

Fig. 10