



AUSGEGEBEN AM  
6. DEZEMBER 1940

REICHSPATENTAMT  
PATENTSCHRIFT

Nr 698 867

KLASSE 21g GRUPPE 36

S 117417 VIII c/21 g

Siemens-Schuckertwerke Akt.-Ges. in Berlin-Siemensstadt\*)

Vorrichtung zur Erzeugung von Elektronen hoher Energie durch das elektrische Wirbelfeld eines sich zeitlich ändernden magnetischen Hauptfeldes.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 7. März 1935 ab

Patenterteilung bekanntgemacht am 17. Oktober 1940

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit möglichst einfachen technischen Mitteln, vor allen Dingen ohne Anwendung hoher Spannungen, Elektronenstrahlen hoher Energie, beispielsweise Strahlen mit einer Geschwindigkeit von mehreren Millionen Volt zu erzeugen.

Es ist vorgeschlagen worden, zu diesem Zweck ein magnetisches Wechselfeld zu verwenden, durch das ein elektrisches Wirbelfeld erzeugt wird, welches dem Elektron die notwendige Geschwindigkeit erteilt. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß die Elektronenbahn das magnetische Feld umschließt wie die Windungen der Sekundärwicklung eines Transformators den Transformator Kern und damit den diesen Kern durchsetzenden Fluß.

Bei einer bekannten Anordnung dieser Art umschließt ein ringförmiges hochevakuiertes Entladungsgefäß den Kern eines dreischenkigen Transformators, dessen mittlerer Kern eine an technische Wechselspannung üblicher Spannung und Frequenz angeschlossene Erregerwicklung trägt. In dem Entladungsgefäß ist eine Glühkathode angeordnet, welche die für die Strahlung notwendigen Elektro-

nen aussendet. Außer dem Wechselfeld wirkt auf die Elektronen noch ein zusätzliches, von Dauermagneten erzeugtes Magnetfeld, welches dazu dienen soll, die um den Transformator Kern kreisenden Elektronen in einer bestimmten, durch das Entladungsgefäß gegebenen Ebene zu halten, d. h. zu verhindern, daß die Elektronen an irgendeiner Stelle auf die Gefäßwandung auftreffen.

Es ist auch schon vorgeschlagen worden, zur Beschleunigung und Führung der Elektronen bei einer Anordnung zur Herstellung von Röntgenstrahlen ein Magnetfeld zu verwenden, welches von der Mitte nach dem Rande hin abfällt. Dabei ist der Körper, der durch das Auftreffen schnell fliegender Elektronen zum Aussenden von Röntgenstrahlen angeregt werden soll, in der Mitte des Magnetfeldes angeordnet.

Diese bekannten bzw. vorgeschlagenen Anordnungen sind zwar im Prinzip brauchbar, doch geben sie entweder eine verhältnismäßig geringe Ausbeute an schnellen Elektronen, oder sie sind für den vorliegenden Zweck der Erzeugung sehr rascher Elektronen nicht besonders geeignet. Um praktisch wirklich brauchbare Ergebnisse zu erzielen, muß man

\*) Von dem Patentsucher ist als der Erfinder angegeben worden:

Dr. phil. Max Steenbeck in Berlin-Siemensstadt.

sich der Verbesserungen bedienen, welche den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bilden.

Erfindungsgemäß ist bei einer Vorrichtung zur Erzeugung von Elektronen hoher Energie durch das elektrische Wirbelfeld eines sich zeitlich ändernden magnetischen Hauptfeldes, bei der zur Stabilisierung der Elektronenbewegung ein mit dem Hauptfeld gleichachsiges, von der Mitte nach außen hin abnehmendes, zeitlich veränderliches magnetisches Führungsfeld dient, das Magnetfeld derart bemessen bzw. sind die an den Feldraum angrenzenden rotationssymmetrischen Polschuhe derart ausgebildet, daß im Gebiet der kreisförmigen Bahn der Elektronen das dem Hauptfeld gleichfrequente und gleichphasige Führungsfeld stets halb so groß ist wie das Hauptfeld und daß die Intensität des Führungsfeldes nach außen hin nicht stärker als umgekehrt proportional dem Radius der kreisförmigen Bahn des Elektrons abnimmt. Durch diese Bemessung der Felder erzielt man eine Reihe wichtiger Vorteile. Zunächst handelt es sich um die Stabilisierung der Elektronenbahn im Wirbelfeld. Will man eine hohe Beschleunigung der Elektronen erzielen, dann muß man dafür sorgen, daß ein und dieselbe Kraftlinie des Wirbelfeldes in häufiger Wiederholung von ein und derselben Ladung durchlaufen werden kann. Dies bedingt eine sichere Stabilisierung des Elektrons auf der Kreisbahn, d. h. es muß ein elektrisches oder magnetisches Feld gefunden werden, welches das Elektron sicher in seine Kreisbahn führt. Diese Bedingung wird durch die die Erfindung bildende erfüllt, bei der die Stabilisierung auch noch dann wirksam ist, wenn das kreisende Elektron Störungen irgendwelcher Art erfährt, sei es, daß es mit falschen Anfangsbedingungen, z. B. einer schief gerichteten Anfangsgeschwindigkeit, seinen Flug im Wirbelfeld beginnt, sei es, daß es durch Zusammenstöße mit Restgasmolekülen aus seiner richtigen Flugbahn abgelenkt wird. Außerdem gleicht aber das Feld auch noch seine eigenen Fehler aus, z. B. sind geringe Abweichungen von der Rotationssymmetrie der Anordnung, die ja niemals in idealer Weise erfüllt sein kann, bei der vorliegenden Anordnung ohne schädliche Wirkung.

Die Führung der Elektronen auf Kreisbahnen mit Hilfe eines magnetischen Führungsfeldes, die durch die Bemessung der Felder nach der Erfindung in vorteilhafter Weise gelingt, hat den prinzipiellen Vorteil, daß man zur Führung eines Elektrons, beispielsweise von 11 Millionen Volt Geschwindigkeit, nur ein Magnetfeld von etwa 7000 Gauß braucht, während bei der Führung

des Elektrons durch ein radiales elektrisches Feld ein solches von mehreren Millionen Volt notwendig wäre.

Der grundsätzliche Aufbau der Anordnung ist aus Fig. 1 ersichtlich. Die Anordnung muß im Prinzip etwa folgendermaßen aussehen:

Ein zentraler Eisenschenkel führt den sich zeitlich ändernden Magnetfluß  $\Phi$  und erzeugt um sich das elektrische Wirbelfeld. Das Führungsfeld  $h_f$  wird von zwei ringförmigen Polschuhen erzeugt, die den zentralen Eisenschenkel und damit den zentralen Magnetfluß leiten. Das Führungsfeld darf nicht, wie vorgeschlagen ist, von einem Dauermagneten erzeugt werden; denn wenn mit der Zeit die kreisenden Elektronen rascher werden, würde bei gleichbleibender Stärke des Führungsfeldes der Bahnradius immer größer werden. Um den Bahnradius konstant zu lassen, muß das Führungsfeld  $h_f$  also mit der Zeit ansteigen. Da die Elektronengeschwindigkeit nur vom zentralen Magnetfluß abhängt und da die Beziehung zwischen Elektronengeschwindigkeit und Führungsfeld für konstant bleibenden Bahnradius  $R$  ebenfalls eindeutig ist, muß die notwendige Führungsfeldstärke  $h_f$  allein durch die Größe des zentralen Flusses gegeben sein. Man findet als Bedingung dafür, daß der Bahnradius  $R$  unverändert bleibt:

$$\Phi = 2 R^2 \pi h_f = 2 R^2 \pi B_f \text{ im Vakuum. (1)}$$

Der Fluß  $\Phi$  muß also gerade doppelt so groß sein, wie er es wäre, wenn das Führungsfeld  $h_f$  homogen das ganz Innere der Kreisbahn ausfüllt, damit der Radius  $R$  der Elektronenbahnen unverändert bleibt (1:2-Bedingung). Diese Bedingung gilt auch noch dann exakt, wenn man in das Gebiet relativistischer Geschwindigkeiten kommt; sie gilt auch dem Vorzeichen nach, d. h. zentraler Fluß und Führungsfeld müssen gleichgerichtet im Verhältnis 1:2 ansteigen. Nimmt man die Richtung des zentralen Flusses  $\Phi$  als positiv an, so gibt eine Vergrößerung des Flusses ein Wirbelfeld mit eindeutig festliegendem Umlaufsinn. Das Führungsfeld muß dann so gerichtet sein, daß in ihm die Elektronen mit solchem Umlaufsinn kreisen, daß sie vom Wirbelfeld beschleunigt werden; ein entgegengesetzt gerichtetes Führungsfeld würde dagegen die Elektronen gegen das Wirbelfeld kreisen lassen, so daß die Elektronen gebremst würden.

Die Erkenntnis, daß zentraler Fluß  $\Phi$  und Führungsfeld  $h_f$  gleichgerichtet und einander proportional sein müssen, führt dazu, sie beide durch die gleiche Wicklung zu erregen. Dann ist das Führungsfeld  $h_f$  mit seinem den magnetischen Widerstand im wesent-

lichen bestimmenden Luftspalt proportional zum Momentanwert des Erregerstromes. Damit nun der Fluß  $\Phi$  proportional zum Führungsfeld wird, muß also auch der Fluß  $\Phi$  proportional zum Erregerstrom sein. Das ist nun bei geschlossenen Eisenkernen wegen der Nichtlinearität der magnetischen Eisencharakteristik  $B = f(h)$  auch schon im ungesättigten Gebiet nicht erfüllt. Um die Proportionalität zu schaffen, wird auch im zentralen Eisenschkel ein Luftspalt vorgesehen, dessen magnetischer Widerstand groß ist gegen den des übrigen Eisenweges und damit die Proportionalität zwischen Fluß und Führungsfeld garantiert. In Fig. 1 ist diese Anordnung dargestellt. Hier erzeugen die gleichen Amperewindungen  $W$  den Fluß  $\Phi$  im zentralen Schenkel und das Führungsfeld  $h_f$  zwischen den Ringpolschuhen  $P$ . Da der von der Elektronenkreisbahn  $R$  umschlossene Fluß  $\Phi$  einem im Mittel doppelt so großen Feld entsprechen soll wie das Führungsfeld  $h_f$ , muß der Luftspalt im zentralen Schenkel also entsprechend kleiner gemacht werden als zwischen den Polen  $P$  des Führungsfeldes.

Die Einhaltung der oben ausgesprochenen Bedingungen genügt aber noch nicht, um auch gestörte Elektronen, die eine schräg gerichtete Anfangsgeschwindigkeit besitzen oder aber durch Restgasmoleküle aus ihrer Bahn abgelenkt wurden, auf den Sollkreis zu stabilisieren. Durch das homogene Magnetfeld  $h_f$  wird ja eine Geschwindigkeitskomponente, die nach oben oder unten, also zur Flugebene der Elektronen normal ist, nicht beeinflusst, da sie zu den magnetischen Kraftlinien parallel ist. Das Elektron kann also leicht an die Wand des Entladungsgefäßes fliegen, da eine stabilisierende Wirkung nicht vorhanden ist, d. h. wird das Führungsfeld inhomogen gemacht, so daß es mit steigendem Abstand von der Mittelachse abnimmt, dann sind, wie Fig. 2 zeigt, die Kraftlinien nach außen abgelenkt, und es ergeben sich auch radiale Komponenten  $h_r$  des Magnetfeldes, welche die Stabilisierung der Elektronen auch dann besorgen, wenn die Elektronen Geschwindigkeitskomponenten nach oben oder unten besitzen. Die Rückführung der gestörten Elektronen erfolgt dabei in der Weise, daß die Elektronen unter dem Einfluß der radialen Magnetfeldkomponenten harmonische Schwingungen ausführen.

Außer den Fehlgeschwindigkeiten in axialer Richtung treten auch solche in radialer Richtung auf, d. h. ein Elektron kann beispielsweise durch einen Zusammenstoß mit einem Restgasmolekül eine Ablenkung erfahren, so daß es aus dem Sollkreis heraustritt, dabei in der Mittelebene bleibt.

Um allen diesen Störungen des Elektronenfluges wirksam zu begegnen, wird in Ausführung der Erfindung das Führungsfeld so bemessen, daß die Stabilisierungsbedingung

$$-i < \frac{R}{h} \cdot \frac{dh}{dR} < 0 \quad (2)$$

erfüllt ist mit einem Optimum hinsichtlich allseitig gleich fester Bindung an die Sollbahn bei

$$\frac{R}{h} \cdot \frac{dh}{dR} = -\frac{i}{2} \quad (3)$$

Das Führungsfeld soll also stets weniger stark als umgekehrt proportional zu diesem Radius, vorzugsweise aber halb so stark abnehmen.

Diese Bedingung muß außer der oben genannten 1:2-Bedingung erfüllt sein. Es hat sich gezeigt, daß bei einer Anordnung, welche beide Bedingungen erfüllt, eine ausreichende Stabilisierung der Elektronen auf der Kreisbahn und damit auch eine hohe Beschleunigung der Elektronen und eine gute Ausbeute an Elektronen erzielt wird.

Wesentlich für die Ausführung der Erfindung ist die Ausbildung der Polschuhe derart, daß das zwischen ihnen erzeugte Feld die vorstehend gekennzeichneten Stabilisierungseigenschaften hat. In Fig. 3 ist eine Ausführungsform dargestellt, die auf Grund folgender Überlegungen entstanden ist: Läßt man die beiden Hyperbeläste 1 und 2 um die Achse  $a$  rotieren, so entstehen zwei Hyperboloide. Das zwischen den beiden Hyperboloiden entstehende Feld nimmt nach außen stetig ab. In Achsennähe ist es fast homogen, in größerem Abstand  $R$  von der Achse, wo das Hyperboloid annähernd die Asymptoten berührt, nimmt es fast mit  $1/R$  ab. Der für die Feldinhomogenität charakteristische Ausdruck  $R/h \cdot dh/dR$  ändert sich dabei von 0 auf der Achse nach  $-1$  im Unendlichen; abgesehen für  $R=0$  erfüllt das Hyperbelfeld also überall die Bedingung Gleichung (2). Aber es erfüllt zunächst noch nirgends die 1:2-Bedingung Gleichung (1). Es existiert nämlich im reinen Hyperbelfeld nirgends ein Kreis, dessen Kreisfläche im Mittel gerade ein doppelt so starkes Feld bedeckt wie das auf der Kreislinie herrschende; stets ist das Innenfeld zu schwach. Um also das Hyperboloid als stabilisierende Polschuhform ausnutzen zu können, muß das Innenfeld verstärkt werden, wie man es beispielsweise erreichen kann, wenn man in Achsennähe den Polschuhabstand kleiner macht, als es bei reinen Hyperboloiden der Fall ist; in Fig. 3 ist dies durch besondere aufgesetzte Innenpolschuh-

stücke  $A$  und  $E$  erreicht. In diesem Fall existiert immer ein Kreis, der die 1:2-Bedingung erfüllt und der dabei einen um so kleineren Radius hat, je stärker die zentrale Flußvergrößerung gemacht wird. Man wird diese zweckmäßig so ausführen, daß der Kreisradius gleich dem halben Brennpunkt-  
 5 abstand wird; denn hier erfüllt das Hyperbelfeld gerade die optimale Bedingung  
 10  $R/h \cdot dh/dR = -1/2$ .

Nun stören aber die Innenpolschuhe  $A$  und  $B$  durch ihr Streufeld das eigentliche Hyperbelfeld in unerwünschter Weise (s. Fig. 3), und man muß also den Elektronenbahnkreis so weit nach außen legen bzw. die Zusatzpolschuhe mit so kleinem Radius ausführen, daß die Elektronen von diesem Streufeld nicht mehr wesentlich miterfaßt werden. Das bedeutet aber eine Begrenzung des maximal möglichen Innenflusses  $\Phi$ , den man doch gerade groß machen möchte, um hohe Elektronenenergien zu erhalten. Es ist also nötig, den Streufluß möglichst wenig weit nach der Seite sich erstrecken zu lassen.  
 25 Das kann man erreichen, wenn man den Zentralfluß nicht durch einen Luftspalt gehen läßt, sondern diesen unterteilt in eine große Anzahl kleiner Luftspalte, die natürlich mit beliebigem unmagnetischem Material ausgefüllt sein können. Da sich nämlich der Streufluß seitlich nur über Zonen von der Größe der Luftspaltdicke ausbreitet, ist jetzt nur noch ein viel kleinerer Abstand des kreisenden Elektrons von den zentralen Pol-  
 30 schuhen erforderlich. Man kann den Streufluß sogar praktisch ganz beseitigen, wenn man einen Raum, wie er von den Kraftlinien des ungestörten Hyperbelfeldes gebildet wird, mit Eisenpulver, etwa nach Art der Massekerne in ein Isoliermaterial eingebettet, ausfüllt, wobei man durch richtige Wahl des Eisenfüllfaktors eine solche mittlere Permeabilität erreichen kann, daß der entstehende zentrale Magnetfluß der 1:2-Bedingung genügt. Man kann dann also den Sollkreis  $R$  der Elektronen sehr nahe um den zentralen Fluß legen und erreicht mit dem kleinen  $R$  und dem großen Fluß eine sehr hohe Elektronenendgeschwindigkeit. Nach außen müssen die Polschuhe so weit geführt sein, daß man in der Umgebung des Sollkreises noch sehr weitgehend mit dem reinen Hyperbelfeld rechnen kann. Genau genommen werden bei seitlich begrenzten Polschuhen natürlich die Feldlinien schon im ganzen Raum weiter nach außen gedrängt, als es dem reinen Hyperbelfeld entspricht. Man kann das aber in der Umgebung des Sollkreises  $R$  weitgehend ausgleichen, wenn man außen die Polschuhe  
 55 längs einer kleinen Strecke sich etwas weniger stark voneinander entfernen läßt, als es

Hyperboloiden entspricht; dadurch schafft man eine Zone mit relativ stärkerem Feld, dessen Feldlinienquerdruck den Feldverlauf in der Umgebung des Sollkreises wieder annähernd in den Verlauf eines reinen Hyperbelfeldes zurückdrängen kann. Ein geringer Gesamtdurchmesser der Polschuhe verkleinert nicht nur die Abmessungen der Apparatur, sondern auch den zum Aufbau des Feldes nötigen Leistungsaufwand.  
 65 70

Für die wirksame Stabilisierung der Elektronen ist es auch wesentlich, daß die Gesamtanordnung möglichst rotationssymmetrisch ist. Daher wird der zentrale Eisen-  
 75 schenkel, welcher wegen der Wirbelströme aus lamellierten Eisenblechen aufgebaut ist, rotationssymmetrisch ausgebildet. Würde man die Bleche gemäß Fig. 4 eben aufeinander schichten, so ließe sich eine Feldunsymmetrie nicht vermeiden. Die Bleche werden daher vorteilhafterweise gemäß Fig. 5 in einer Evolventenpackung verwendet. Gegebenenfalls kann man den Eisenkern auch gemäß Fig. 6 aus einem Drahtbündel aufbauen. Auch ein aufgewickeltes Eisenblech nach Fig. 7 gibt ein annähernd rotationssymmetrisches Feld.  
 80 85

Um die gewünschte Rotationssymmetrie des Wirbelfeldes zu erhalten, ist es auch von Vorteil, den magnetischen Rückschluß nicht durch ein Seitenjoch, sondern mindestens durch zwei, womöglich aber durch noch mehr Seitenjoche vorzunehmen, um den Rückschluß auch wirklich symmetrisch zu verteilen.  
 90 95

Zum Einbringen der Elektronen wird zweckmäßig eine Glühkathode verwendet, die in der Nähe des Sollkreises der Elektronenbahn, naturgemäß in einem Hochvakuum-entladungsgefäß, angeordnet ist.  
 100

Die Glühkathode kann ein Draht ring sein, der innerhalb oder etwas oberhalb des Sollkreises liegt und gegebenenfalls durch Wirbelstrom beheizt wird. Günstiger noch als die Wirbelstromheizung des erwähnten Draht-  
 105 ringes erweist sich die Verwendung einer fremdgeheizten Kathode, bei welcher man die Wirkungen des Heizstromes und des Heizspannungsabfalles völlig unterbinden kann, wenn man als Heizstrom einen mit dem Erregerstrom des Magnetfeldes gleichfrequenten und gleichphasigen Wechselstrom verwendet; dann gehen nämlich Heizspannung und -strom mit dem Magnetfeld zusammen durch Null, stören also gerade in den Zeiten nicht, wo die Glühkathodenemission gebraucht wird. Die Kurzschlußstrom-  
 110 heizung dagegen arbeitet wohl mit einem gleichfrequenten, aber nicht gleichphasigen Strom (wegen der Ohmschen Stromkomponente im Heizdraht).  
 115 120

Eine andere Möglichkeit für das Einbringen der Elektronen besteht darin, daß ein außerhalb der Polschuhe vorbeschleunigter Elektronenstrahl in das Wirbelfeld hineingeschossen wird. Zweckmäßig ist dabei das Hineinschießen langsamer Elektronen in zeitlicher Nähe des Magnetfeldnulldurchganges, weil dann die Umlaufspannung des Wirbelfeldes relativ zur Elektronenenergie am größten ist, also schon nach verhältnismäßig wenigen Umläufen ihre eventuelle stabilisierende Wirkung zur Geltung bringen könnte.

Wenn die Elektronengeschwindigkeit bis nahe an ihren Höchstwert gesteigert ist, muß durch irgendeine Störung der stabilisierenden Eigenschaften des Führungsfeldes dafür gesorgt werden, daß die Elektronen den Sollkreis verlassen und aus dem Magnetfeld herausfliegen. An sich sind eine große Anzahl solcher Störungen denkbar. Man könnte z. B. ein zusätzliches Störfeld möglichst rasch aufbauen, etwa ein elektrisches Feld zwischen einer besonderen Elektrode und der Umgebung durch Auflaufenlassen einer zeitlich richtig gesteuerten Wanderwelle oder ein magnetisches Störfeld durch richtig gesteuertes Einschalten einer besonderen Spule. Wesentlich einfacher ist es aber, von einer Störung durch Eisensättigung Gebrauch zu machen, weil diese automatisch ohne besondere Synchronisierung jedesmal bei hohen Magnetfeldern eintritt, also gerade dann, wenn die Elektronen zu Ende beschleunigt wurden.

Wenn man bei der Anordnung nach Fig. 3 durch Eisensättigung irgendwie dafür sorgt, daß das Führungsfeld  $h_f$  nur bis zu einem gewissen Höchstwert ansteigen kann, aber den zentralen Fluß  $\Phi$  noch weiter wachsen und damit also auch das elektrische Wirbelfeld weiter bestehen läßt, so werden die im Führungsfeld kreisenden Elektronen weiter beschleunigt, ohne daß das Führungsfeld zunimmt. Deshalb weitet sich der Elektronenbahnkreis. Das kann so weit getrieben werden, daß der Kreis sich bis zu der labilen Stelle ausdehnt, von der ab das Magnetfeld mit  $d h_f / d R \cdot R / h_f < -1$  oder noch stärker abnimmt und daher der Elektronenkreis platzt.

Eine solche Sättigung des Führungsfeldes ist mit einer Polschuhordnung nach Fig. 10 ausführbar. Während im zentralen Teil der Fluß  $\Phi$  durch zylindrische Polschuhe hindurchgeht, abgesehen von den Luftspalten bzw. dem Massekern  $L$ , sind die Ringpolschuhe  $P$ , die das Führungsfeld  $h_f$  ergeben, mit einer Einschnürung  $A$  versehen. Durch diese Einschnürung hindurch tritt der ganze Fluß für das Führungsfeld (einschließlich Streufeld), und durch passende Dimensionie-

rung der Einschnürung  $A$  hat man es in der Hand, von einem beliebigen Wert des Führungsfeldes an in der Einschnürung die Flußdichte so groß zu machen, daß sich hier das Eisen sättigt und damit als zusätzlicher magnetischer Widerstand eine weitere Steigerung des Führungsfeldes verlangsamt oder unterbindet. Der hinter der Einschnürung wieder erweiterte Teil der Ringpolschuhe wird dabei nur mit so kleinen Flußdichten belastet, daß hier die hohe Permeabilität des Eisens erhalten bleibt. Die Oberflächen der Polschuhe, die die Form des Führungsfeldes bestimmen, bleiben magnetische Äquipotentialflächen wie bei kleineren Führungsfeldstärken und bewirken, daß das Führungsfeld auch noch nach eingetretener Eisensättigung abgestreute Elektronen auf die Kreisbahn zurücklenkt. Nur die Kreisbahn selbst wächst mit den schon geschilderten Folgen.

Die Feldwicklungen  $F$ , die für Zentralfluß  $\Phi$  und Führungsfeld  $h_f$  gemeinsam sein sollen, werden zweckmäßig an sinusförmige Spannung gelegt und nicht mit sinusförmigem Strom gespeist, auch elektrotechnisch ist dies leichter durchführbar. Da nämlich nach eingetretener Sättigung des Führungsfeldes der Fluß des Führungsfeldes nicht mehr weiter anwächst, wegen der aufgedrückten Sinusspannung der Gesamtfluß aber sinusförmig weiter steigen muß, steigt jetzt der zentrale Fluß stärker an als vor Sättigung des Führungsfeldes. Das bedeutet aber, daß eine eintretende Sättigung des Führungsfeldes in zweifacher Weise den Elektronenkreis ausweitet. Nicht nur der gehemmte Anstieg des Führungsfeldes, sondern auch die durch den vergrößerten Zentralfluß erhöhte elektrische Wirbelfeldstärke wirken in dieser Richtung. Diese doppelte Ausnutzung der Eisensättigung läßt auch bei nicht besonders hochwertigem Eisen einen ziemlich plötzlichen Beginn der Elektronenkreiserweiterung erreichen, die deswegen erwünscht ist, weil die erreichte Endenergie um so höher ist, je länger die Elektronen auf kleinem Radius fliegen. In dem Raum  $W$  zwischen dem zentralen Polschuh für  $\Phi$  und der Einschnürung  $A$  im Ringpolschuh läßt sich noch eine besondere Feldwicklung unterbringen, die, da ihre Amperewindungen nur den Zentralfluß umfassen, zur Korrektur bei geringen Dimensionierungsfehlern für die Stabilisierungsbedingungen verwendet werden kann.

Es sei noch erwähnt, daß die Polschuhe des zentralen Magnetfeldes und die ringförmigen Polschuhe für das Führungsfeld auch je für sich getrennt bis an das Joch der Magnetanordnung herangeführt werden können.

Das für die Erzeugung von 10- bis 20-Millionen-Volt-Elektronen nötige Magnetfeld

speichert im voll aufgebauten Zustand eine Energie von etwa 1 Kilowattsekunde. Würde man es mit 50 Per./Sek. erregen, so brauchte man einen Blindleistungsaufwand  
 5 von 50 bis 100 kVA (mit einem  $\cos \varphi \approx 0,1$ ), bei Betrieb mit 500 Perioden etwa 500 bis 1000 kVA. Mindestens im zweiten Fall wird man also, um einen großen Generator zu vermeiden, die induktive Blindlast durch einen  
 10 der Magnetwicklung parallel liegenden Kondensator kompensieren; man wird also einen auf die Betriebsfrequenz abgestimmten Schwingungskreis schaffen.

Ogleich die Erfindung für die verschiedensten Zwecke, bei denen Elektronen hoher Geschwindigkeit benötigt werden, angewendet werden kann, ist sie von besonderer Bedeutung für die Heilbehandlung.

#### PATENTANSPRÜCHE:

20 1. Vorrichtung zur Erzeugung von Elektronen hoher Energie durch das elektrische Wirbelfeld eines sich zeitlich ändernden magnetischen Hauptfeldes, bei  
 25 der zur Stabilisierung der Elektronenbewegung ein mit dem Hauptfeld gleichachsiges, von der Mitte nach außen hin abnehmendes, zeitlich veränderliches magnetisches Führungsfeld dient, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetfeld derart bemessen ist bzw. die an den Feldraum angrenzenden rotationssymmetrischen Polschuhe derart ausgebildet sind,  
 30 daß im Gebiet der kreisförmigen Bahn der Elektronen das dem Hauptfeld gleichfrequente und gleichphasige Führungsfeld stets halb so groß ist wie das Hauptfeld und daß die abnehmende Intensität des Führungsfeldes nach außen hin nicht  
 35 stärker als umgekehrt proportional dem Radius der kreisförmigen Bahn des Elektrons abnimmt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität des Führungsfeldes nach außen hin etwa  
 45 halb so stark abnimmt, wie der Radius der Elektronenbahn zunimmt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Polschuhe im Bereich des Führungsfeldes als Hyperboloide ausgebildet sind.  
 50

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldraum im Bereich des magnetischen Hauptfeldes, also innerhalb des Kreises der  
 55 Elektronenbahn, aus mehreren hintereinandergeschalteten, durch magnetisch leitendes Material voneinander getrennten Luftspalten gebildet wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldraum im Bereich des Hauptfeldes mit etwa  
 60 nach Art der Massekerne in ein Isoliermaterial eingebettetem Eisenpulver ausgefüllt ist.  
 65

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnetpfad für das Führungsfeld derart bemessen ist, daß bei Überschreitung eines bestimmten Flußwertes Sättigung eintritt.  
 70

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß von den rotationssymmetrischen Polschuhen die in der Feldachse liegenden Polschuhe eine derartige Form, beispielsweise Zylinderform, erhalten, daß in ihnen über den  
 75 ganzen Änderungsbereich des magnetischen Flusses keine Sättigung eintritt, während die außerhalb der Feldachse liegenden, zweckmäßig ringförmig ausgebildeten Polschuhe eine solche Einschnürung erhalten, daß bei einem bestimmten  
 80 Flußwert Sättigung eintritt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

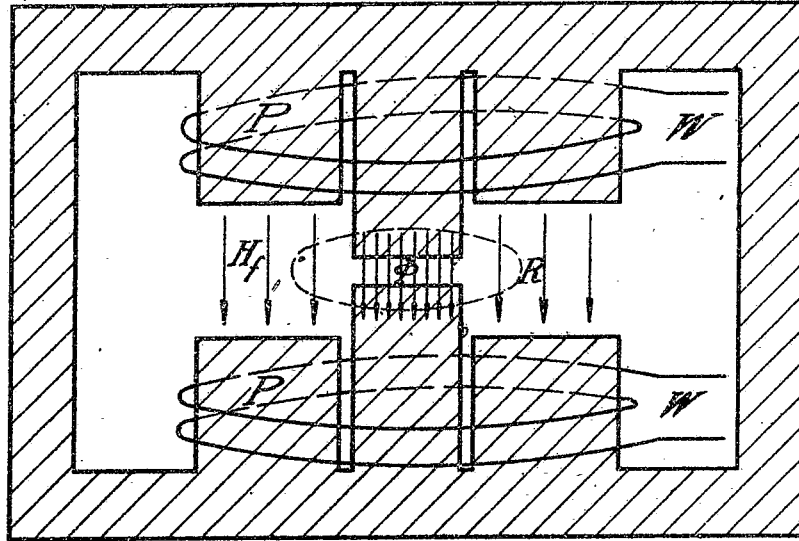


Fig. 1

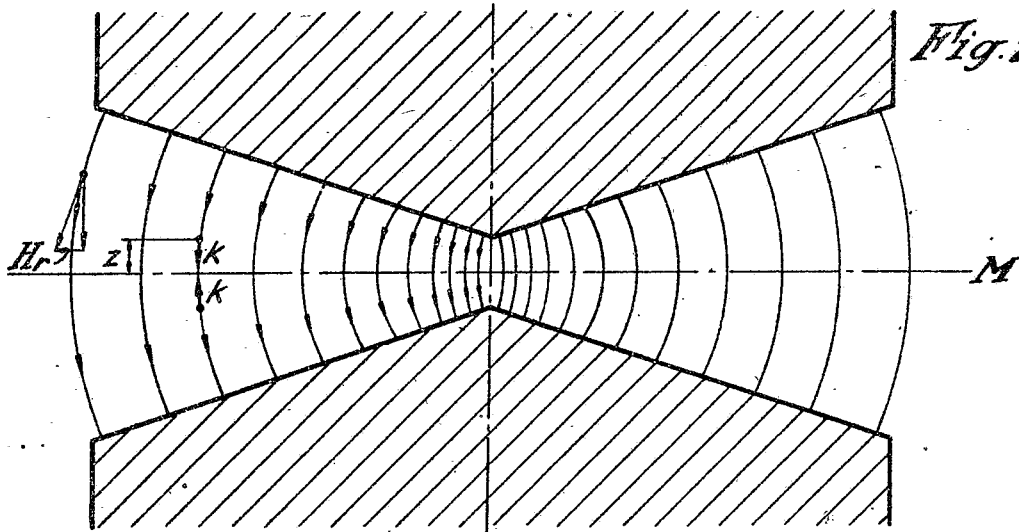


Fig. 2

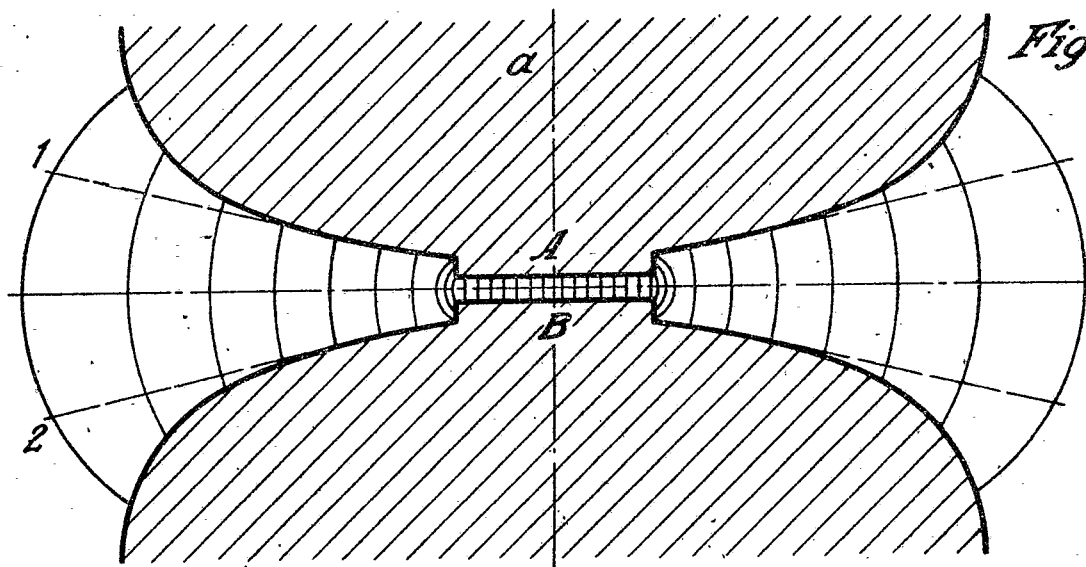


Fig. 3

Fig. 4

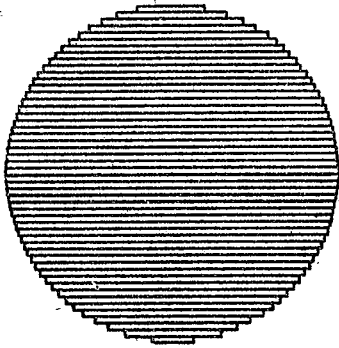


Fig. 5

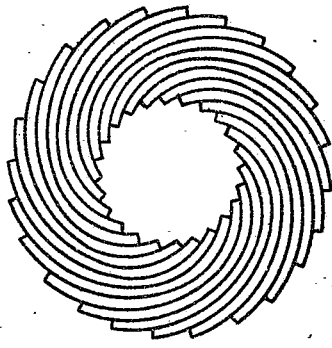


Fig. 6

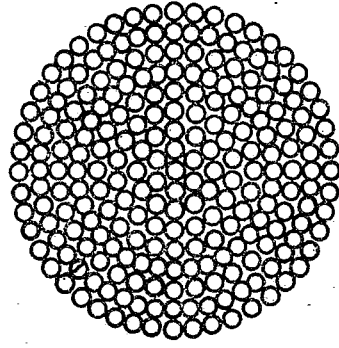


Fig. 7

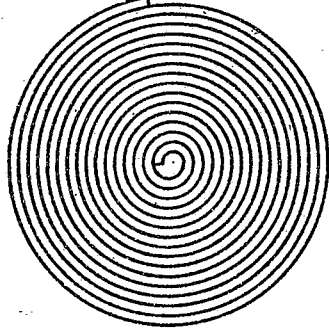


Fig. 8

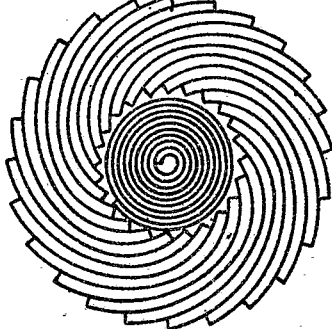


Fig. 9

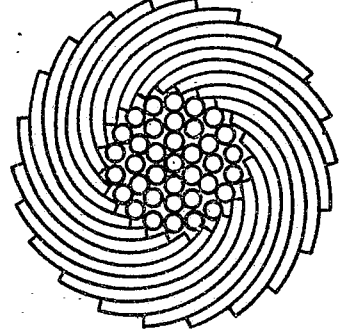


Fig. 10

