

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 577 874 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92111569.7**

(51) Int. Cl.⁵: **H05H 7/04**

(22) Anmeldetag: **08.07.92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.01.94 Patentblatt 94/02

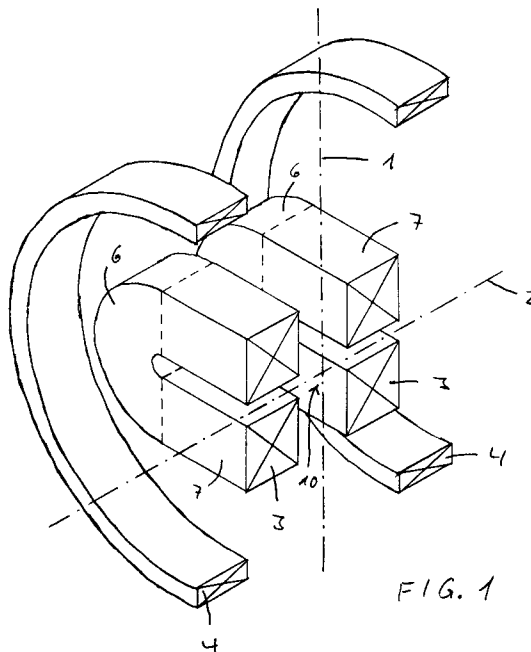
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(72) Erfinder: **Overweg, Johan, Dr.**
Ferrenbergstrasse 123
W-5060 Bergisch Gladbach 2(DE)

(54) **Wiggler mit Spulenanordnungen mit konzentrischen Spulen.**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wiggler mit einer Längsachse (1) sowie einer diese schneidenden und zu dieser senkrechten Hochachse (2), welcher Wiggler zwei Spulenanordnungen aufweist, die entlang der Hochachse (2) voneinander beabstandet und bezüglich einer die Längsachse (1) enthaltenden, zur Hochachse (2) senkrechten Mittelebene im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander ausgerichtet sind. Jede Spulenanordnung weist eine Mehrzahl von im wesentlichen ebenen Spulen (3, 4, 11) auf, wobei eine bezüglich der Hochachse (2) axialsymmetrische Innenspule (3) von einer bezüglich der Hochachse (2) axialsymmetrischen Außenspule (4) umgeben ist. Die Innenspule (3) hat vorteilhafterweise eine Rennbahn-Form; die Außenspule (4) kann etwa kreissymmetrisch sein. Weiterhin kann einer Spule (3, 4) jeder Spulenanordnung eine Ausgleichspule (11) zugeordnet sein, welche die unmittelbar zwischen einander entsprechenden Spulen (3, 4) verschiedener Spulenanordnungen auftretende mechanische Kräfte kompensieren kann und somit die Verlagerung von mechanischen Abstützeinrichtungen aus dem Zwischenraum zwischen den einander entsprechenden Spulen (3, 4) erlaubt. Der erfindungsgemäße Wiggler ist besonders qualifiziert für supra-leitfähige Spulen (3, 4, 11), insbesondere zur Erzeugung eines Magnetfeldes zwischen 4 Tesla und 5 Tesla, sowie zum Einsatz in Synchrotronstrahlungsquellen.



EP 0 577 874 A1

Die Erfindung betrifft einen Wiggler mit einer Längsachse sowie einer diese schneidenden und zu dieser senkrechten Hochachse, mit zwei Spulenanordnungen, welche entlang der Hochachse voneinander beabstandet und bezüglich einer die Längsachse enthaltenden, zur Hochachse senkrechten Mittelebene im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander ausgerichtet sind, und deren jede eine Mehrzahl von im wesentlichen ebenen Spulen aufweist.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Wiggler mit supraleitfähigen Spulen und auf Wiggler, welche zur Erzeugung von Magnetfeldern bestimmt sind, deren Maxima zwischen 2 Tesla und 10 Tesla, insbesondere um 4 Tesla bis 5 Tesla, liegen.

Derartige Wiggler werden in Beschleunigeranlagen und Speicherringanlagen für Elementarteilchen, speziell Elektronen und/oder Positronen, zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung eingesetzt. In jedweden Beschleuniger- und Speicherringanlagen kommen Wiggler darüber hinaus in Frage für verschiedene Steuer- und Regelanwendungen.

Ein Wiggler ist grundsätzlich eine ein Magnetfeld erzeugende Einrichtung, die dadurch ausgezeichnet ist, daß sie ein entlang einer vorgegebenen, in der Regel geradlinigen Sollbahn in das Magnetfeld eingetretenes geladenes Elementarteilchen von dieser Sollbahn ablenkt und wieder auf diese zurückführt, so daß das Elementarteilchen das Magnetfeld auf der Sollbahn wieder verläßt. Die Wirkung des Wigglers auf ein durchfliegendes Elementarteilchen ist in diesem Sinne beschränkt auf eine gewisse zeitliche Verzögerung, da das Teilchen im Inneren des Wigglers eine gekrümmte Bahn durchfliegt, die länger als die Sollbahn ist; hinter dem Wiggler fliegt das Elementarteilchen wieder auf der Sollbahn, auf der es in Abwesenheit des Wigglers ebenfalls fliegen würde. Es sei bemerkt, daß für solche Zwecke neben Wiggler im eigentlichen Sinne auch Undulatoren bekannt sind, welche prinzipiell dieselbe Funktion ausüben, jedoch in der Regel kompliziertere Magnetfelder als Wiggler im engeren Sinne haben, eine scharfe Trennung zwischen Wiggler und Undulatoren gibt es jedoch nicht.

Im Hinblick auf die Erzeugung von Synchrotronstrahlung, welche von einem Elektron oder Positron emittiert wird, wenn dieses sich auf einer gekrümmten Bahn befindet, sind Wiggler besonders interessant, da sie die Erzeugung von Synchrotronstrahlung unabhängig von Ablenkmagneten und dergleichen erlauben; insbesondere kann eine vorhandene Beschleuniger- oder Speicherringanlage, welche bedingt durch ihre räumliche Anordnung und/oder die Abmessungen ihrer Ablenkmagnete zur effizienten Erzeugung von Synchrotronstrahlung nicht oder nur bedingt geeignet ist, durch

Nachrüstung eines Wigglers zu einer hochwertigen Synchrotronstrahlungsquelle ergänzt werden. Die Bahn des Elementarteilchens in dem Magnetfeld ist mehrfach gekrümmt, so daß an mehreren Abschnitten der Bahn Synchrotronstrahlung emittiert wird.

Einzelheiten zur Auslegung und Konstruktion von Wiggler gehen aus folgenden Dokumenten hervor:

D.E. Baynham et al, IEEE Trans. on Magnetics MAG-17 (1981) 1595;

G. Brown et al, Nucl. Instr. Meth. 208 (1983) 65.

Das erstgenannte Dokument betrifft einen Wiggler mit supraleitfähigen Spulen, der ein maximales Magnetfeld von etwa 5 Tesla erzeugt; das zweite Dokument bietet einen Überblick über das gesamte technische Umfeld von Wiggler und Undulatoren; insbesondere auf dieses Dokument und seine gesamte Offenbarung wird hiermit ausdrücklich Bezug genommen.

Wie insbesondere aus dem erstgenannten Dokument hervorgeht, haben supraleitfähige Spulen in Wiggler gemäß dem Stand der Technik sogenannte "Rennbahn-Formen" (wobei eine einzelne Spule je nach Anwendung zueinander konzentrische und/oder übereinanderliegende Teilspulen haben kann). Ein Wiggler ist gebildet aus zwei bezüglich einer Mittelebene spiegelsymmetrisch zueinander angeordneten Spulenanordnungen, deren jede aus vielzähligen, entlang einer in der Mittelebene liegenden Längsachse nebeneinander angeordneten Spulen in Rennbahn-Form besteht. Diese Spulen werden im Betrieb mit elektrischen Strömen in bestimmten Größenverhältnissen und in vorgegebenen Umlaufsrichtungen beaufschlagt und erzeugen somit entlang der Längsachse, welche auch die Sollbahn der den Wiggler durchfliegenden Elementarteilchen ist, ein räumlich variierendes Magnetfeld, welches die entlang der Längsachse eintretenden Elementarteilchen in bestimmter Weise auf eine mehr oder weniger komplizierte, mehrfach gebogene Bahn ablenkt und schließlich wieder auf die Sollbahn zurückführt. Einzelheiten hierzu sind den Dokumenten des Standes der Technik entnehmbar. Bei der Auslegung der Abmessungen der Rennbahn-Spulen ist zu beachten, daß die gebogenen Segmente dieser Spulen das magnetische Feld auf der Längsachse nicht wesentlich beeinflussen; daher müssen üblicherweise sehr langgestreckte Spulen verwendet werden.

Gegenüber dem Stand der Technik basiert die vorliegende Erfindung auf folgender Aufgabe:

Die aus den oben genannte Gründen bisher erheblichen Abmessungen des Wiggler sollen wesentlich verringert werden, darüber hinaus sollen Spulen mit einfachen, leicht herstellbaren Formen verwendbar sein und schließlich sollen die zwischen den Spulen und von den Spulen auf ihre Haltestrukturen ausgeübten Kräfte nach Möglichkeit re-

duziert werden.

Der erfindungsgemäße Wiggler mit einer Längsachse sowie einer diese schneidenden und zu dieser senkrechten Hochachse, welcher Wiggler zwei Spulenanordnungen hat, die entlang der Hochachse voneinander beabstandet und bezüglich einer die Längsachse enthaltenden, zur Hochachse senkrechten Mittelebene im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander ausgerichtet sind, und deren jede eine Mehrzahl von im wesentlichen ebenen Spulen aufweist, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß jede Spulenanordnung eine bezüglich der Hochachse axialsymmetrische Innenspule und eine bezüglich der Hochachse axialsymmetrische Außenspule aufweist, welche die Innenspule umgibt.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß Magnetfelder der in Wiggler geforderten Art nicht nur mit den bekannten Spulenanordnungen aus drei nebeneinander angeordneten Rennbahn-Spulen, sondern auch mit Anordnungen aus zwei zueinander konzentrischen Spulen erzeugbar sind. Mithin wird erfindungsgemäß die Erzeugung eines Magnetfeldes mit Spulenanordnungen aus zwei Spulen ermöglicht, wofür bisher Spulenanordnungen mit drei Spulen erforderlich waren. Da Rennbahn-Spulen, insbesondere relativ langgestreckte Rennbahn-Spulen, schwierig zu fertigen sind, wird mit der Erfindung ein beachtenswerter Vorteil erzielt. Auch wenn als Innenspule nach wie vor eine Rennbahn-Spule erforderlich sein sollte, kann doch als Außenspule eine Spule mit einfacherer Gestalt Anwendung finden; auch ergibt sich der Vorteil bereits aufgrund geringerer Krümmungen, die in der Außenspule, welche größere Durchmesser als die Innenspule aufweisen muß, vorliegen.

Mit den erfindungsgemäßen Spulenanordnungen ist auch eine wesentliche Vereinfachung des Kryosystems möglich, welches im Falle eines supraleitenden Wiggler zur Kühlung der Spulen auf hinreichend tiefe Temperaturen erforderlich ist; unter Gewährleistung einer relativ kompakten Bauweise ist die erfindungsgemäße Spulenanordnung wesentlich raumsparender als die bisher bekannten Spulenanordnungen ausführbar und läßt dabei für kryogene Einrichtungen wie auch Abstützungen und dergleichen wesentlich mehr Platz als die Spulenanordnungen des Standes der Technik.

Besonders günstig ist es, wenn die Außenspule eine etwa kreissymmetrische, also runde Gestalt erhält. Eine solche Gestalt ist besonders einfach fertigbar, was an dieser Stelle keiner weiteren Erläuterungen bedarf.

Als Innenspule kommt im erfindungsgemäßen Wiggler insbesondere eine Spule in Frage, welche entlang einer Querachse, die senkrecht zur Längsachse und senkrecht zur Hochachse liegt, gestreckt ist. Insbesondere kommt eine Innenspule in

Rennbahn-Form in Frage; es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Erfindung die Verwendung von Rennbahn-Spulen gestattet, die deutlich weniger gestreckt sind als bisher erforderliche Rennbahn-Spulen. Dies ist möglich, da die von Innenspulen und Außenspulen erzeugten Magnetfelder im Rahmen der Erfindung in besonderer Weise gestatten, daß zwei Effekte, die aus der Verkürzung der Rennbahn-Spulen resultieren, sich gegenseitig aufheben: Ein erster Effekt ist die Erhöhung des Feldes im Mittelpunkt der Spulenanordnung, da die gebogenen Segmente der Rennbahn-Spulen unter Verkürzung der geraden Segmente erhöhte Beiträge liefern; ein zweiter Effekt ist eine räumlich stärkere Variation des Magnetfeldes in der Umgebung des Mittelpunktes. Diese beiden Effekte können im Rahmen der Erfindung gegeneinander abgewogen werden, so daß sie sich in der Summe aufheben. Dies kommt der kompakten Gestaltung des Wiggler zugute.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Wiggler, welche gegebenenfalls zu anderen Ausgestaltungen hinzutreten kann, liegt darin, daß in jeder Spulenanordnung die Spulen jeweils einen zugehörigen Abstand zu der Mittelebene haben und der Abstand der Innenspule kleiner ist als der Abstand der Außenspule. Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß die Abstände der Innenspulen von der Mittelebene wesentlich die Höhe des im Mittelpunkt des Wiggler erzeugten Magnetfeldes bestimmen; diese Abstände sind daher in der Regel vorgegeben. Gleichfalls muß bei jeder Spule das Verhältnis zwischen ihrem Abstand von der Längsachse und ihrem Durchmesser hinreichend klein gehalten werden, da andernfalls Unregelmäßigkeiten in dem Magnetfeld auf der Längsachse auftreten, welche in der Regel nicht hinnehmbar sind. Da erfindungsgemäß die Außenspulen jedoch große Durchmesser haben, können sie auch ohne wesentliche Einbußen mit größeren Abständen von der Mittelebene angeordnet werden; dies vereinfacht die Auslegung der zur Kühlung solcher supraleitfähiger Spulen erforderlichen kryogenen Systeme ganz erheblich.

Eine ebenfalls besonders bevorzugte Ausgestaltung des Wiggler, welche gleichfalls zu anderen Weiterbildungen hinzutreten kann, besteht darin, daß in jeder Spulenanordnung zumindest einer Spule eine im wesentlichen ebene Ausgleichsspule zugeordnet ist, welche bezüglich der Hochachse im wesentlichen axialsymmetrisch und etwa parallel zu der Mittelebene ausgerichtet ist, wobei die Spule zwischen der Mittelebene und der zugeordneten Ausgleichsspule liegt. Eine solcherart zugeordnete Ausgleichsspule kann benutzt werden, um die magnetischen Kräfte zwischen zwei einander entsprechenden Spulen der Spulenanordnungen zu reduzieren; die Kraft, die zwischen einer Spule und der

zugeordneten Ausgleichsspule auftritt, reduziert die Kraft zwischen der Spule und der entsprechenden Spule in der anderen Spulenordnung. Dadurch werden die Anforderungen an mechanische Abstützungen, die unmittelbar zwischen einander entsprechenden Spulen verschiedener Spulenordnungen anzuordnen sind, bedeutend reduziert; u. U. kann auf unmittelbar zwischen einander entsprechenden Spulen verschiedener Spulenordnungen angeordnete Abstützeinrichtungen verzichtet werden. Selbstverständlich ist kein völliger Verzicht auf Abstützungen möglich; jedoch können solche Abstützeinrichtungen jeweils zwischen die Spule und die zugeordnete Ausgleichsspule eingreifen und erlauben somit, daß der unmittelbar zwischen einander entsprechenden Spulen liegende Raum frei von aufwendigen Einbauten frei bleiben kann. Somit können die einander entsprechenden Spulen einander mehr genähert werden als bisher, was sowohl eine allgemeine Qualitätsverbesserung für das erzeugte Magnetfeld als auch eine deutliche Vergrößerung der Stärke des Magnetfeldes ermöglicht.

Besonders bevorzugt zur Zuordnung von Ausgleichsspulen sind die Innenspulen des Wiggler, da diese den größten mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Es versteht sich, daß die Magnetfelder der Ausgleichsspulen die Magnetfelder der Innenspulen beeinflussen, und zwar verstärken, was natürlich bei der Auslegung der Innenspulen und Ausgleichsspulen zu berücksichtigen ist; gleiches gilt für den Fall, daß anderen Spulen Ausgleichsspulen zugeordnet sind.

Die Aufnahme magnetischer Kräfte durch Ausgleichsspulen im Sinne einer allgemeinen Verbesserung der bisher bekannten Wiggler im Sinne der oben erwähnten Aufgabe kommt auch Wiggler zugute, die nicht die oben erwähnten besonderen erfindungsgemäßen Merkmale aufweisen.

In einem Wiggler mit einer Längsachse sowie einer diese schneidenden und zu dieser senkrechten Hochachse, welcher Wiggler zwei Spulenordnungen hat, die entlang der Hochachse voneinander beabstandet und bezüglich einer die Längsachse enthaltenden, zur Hochachse senkrechten Mittelebene im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander ausgerichtet sind und deren jede eine Mehrzahl von im wesentlichen ebenen Spulen aufweist, welcher Wiggler weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, daß in jeder Spulenordnung zumindest einer Spule eine im wesentlichen ebene Ausgleichsspule zugeordnet ist, welche etwa konzentrisch zu der Spule und etwa parallel zu der Mittelebene ausgerichtet ist, wobei die Spule zwischen der Mittelebene und der zugeordneten Ausgleichsspule liegt, ermöglicht die Verlegung der erforderlichen mechanischen Abstützeinrichtungen aus dem Zwischenraum zwischen einander entsprechenden Spulen verschiedener Spulenordnungen zu den

jeweiligen Zwischenräumen zwischen den Spulen und ihren jeweils zugeordneten Ausgleichsspulen, ermöglicht somit generell einen besonders kompakten Aufbau und, durch geringere Abstände der einander entsprechenden Spulen, eine bedeutende Verbesserung der Qualität des erzeugten Magnetfeldes.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn jede Ausgleichsspule etwa dieselbe Gestalt aufweist, wie die Spule, der sie zugeordnet ist; dieses Merkmal erlaubt eine vereinfachte Herstellung, da besondere Einrichtungen und Aufwendungen zur Herstellung der Ausgleichsspulen nicht erforderlich sind.

Wie bereits erwähnt, wird der erfindungsgemäße Wiggler besonders vorteilhaft mit supraleitfähigen Spulen ausgeführt; insbesondere gestattet er weiterhin Ausbildungen der Spulen zur Erzeugung eines Magnetfeldes an dem Schnittpunkt von Längsachse und Hochachse, dem Mittelpunkt des Wiggler, zwischen 2 Tesla und 10 Tesla, insbesondere zwischen 3 Tesla und 6 Tesla, vorzugsweise zwischen 4 Tesla und 5 Tesla, was für viele der üblichen Anwendungen notwendig ist.

Besonders qualifiziert ist der erfindungsgemäße Wiggler jeder Ausbildung zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung mittels eines Strahls von Elementarteilchen, insbesondere Elektronen oder Positronen, welcher entlang der Längsachse in den Wiggler eintritt und diesen ebenfalls entlang der Längsachse wieder verläßt.

Die Erfindung wird nunmehr anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. In den Figuren dargestellt sind die zur Bildung des erfindungsgemäßen Wiggler erforderlichen Spulenordnungen; nicht dargestellt sind der innere Aufbau der Spulen in den Spulenordnungen sowie Mittel zur Abstützung, Kühlung und Wärmeabschirmung der Spulen. Hinweise zur Konstruktion der Spulen und ihrer Hilfseinrichtungen (unter Einschluß derer, die soeben erwähnt wurden) stehen im Stand der Technik zur Verfügung. In der Zeichnung zeigen im einzelnen:

Figur 1 eine Schrägansicht eines vertikalen Längsschnitts durch einen erfindungsgemäßen Wiggler;

Figur 2 eine vertikale Draufsicht auf die Spulen des Wiggler;

Figur 3 eine Seitenansicht einer besonderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wiggler.

Figur 1 zeigt, wie zwei Spulenordnungen aus je einer Innenspule 3 und einer Außenspule 4 einen erfindungsgemäßen Wiggler bilden. Innenspulen 3 und Außenspulen 4 sind jeweils eben und sind parallel ausgerichtet zu einer Mittelebene, welche die Längsachse 1 enthält und senkrecht zur Hochachse 2 ausgerichtet ist. Elementarteilchen, insbesondere Elektronen oder Positronen, die in dem

Wiggler Synchrotronstrahlung abgeben sollen, treten in das Magnetfeld des Wigners entlang der Längsachse 1 ein und verlassen es auch wieder entlang der Längsachse 1. Im Mittelpunkt des Wigners, dem Schnittpunkt 10 von Längsachse 1 und Hochachse 2, ist das von den Spulen 3, 4 erzeugte Magnetfeld am stärksten. Bei supraleitfähigen Spulen 3, 4 beträgt es typisch 4 Tesla bis 5 Tesla und ist im wesentlichen parallel zur Hochachse 2 ausgerichtet. Die die Spulen 3, 4 durchfließenden Ströme sind in ihren Richtungen und Größen so zu bemessen, daß das Integral des Magnetfeldes entlang der Bahn der den Wiggler durchfliegenden Elementarteilchen, im wesentlichen also entlang der Längsachse 1, im wesentlichen verschwindet. Dies wird erreicht, wenn die Innenspulen 3 gleichsinnig zueinander und die Außenspulen 4 gegensinnig zu den Innenspulen 3 von elektrischen Strömen durchflossen werden. Die Stärken dieser Ströme sind den jeweiligen betrieblichen Anforderungen anzupassen. Jede Innenspule 3 hat eine sogenannte Rennbahn-Form mit zwei geraden Segmenten 7, welche von zwei gebogenen Segmenten 6 (für jede Innenspule 3 ist nur ein solches gebogenes Segment 6 sichtbar) untereinander verbunden sind. Die Außenspulen 4 sind etwa kreisförmig, weshalb sie leicht zu fertigen sind. Darüber hinaus verbleibt bei jeder Spulenanordnung zwischen der jeweiligen Innenspule 3 und der jeweiligen Außenspule 4 relativ viel Platz für mechanische Abstützvorrichtungen, Kühltische und dergleichen, weshalb der erfindungsgemäße Wiggler besonders kompakt ausgeführt werden kann. In jeder Spulenanordnung sind die Innenspule 3 und die Außenspule 4 im wesentlichen konzentrisch zueinander ausgerichtet, wobei die Zentren der Spulen 3, 4 auf der Hochachse 2 liegen. Die durch die die Längsachse 1 enthaltende Mittelebene voneinander getrennten Spulenanordnungen sind bezüglich der Mittelebene spiegelsymmetrisch zueinander angeordnet. Vorteilhafterweise erstreckt sich die Spiegelsymmetrie nicht nur auf die äußere Form der Spulen 3, 4, sondern auch auf die in den Spulen 3, 4 fließenden Ströme.

Figur 2 zeigt eine vertikale Draufsicht auf eine Spulenanordnung des erfindungsgemäßen Wigners. Zu sehen sind eine kreisrunde Außenspule 4, in welcher in konzentrischer Weise eine Rennbahnförmige Innenspule 3 angeordnet ist.

Die Längsachse 1 gibt die Richtung der den Wiggler durchfliegenden Elementarteilchen an. Die Innenspule 3 ist gestreckt entlang einer Querachse 5, die wie die Längsachse 1 parallel zur Mittelebene ist. Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Wigners liegt darin, daß Innenspulen 3 verwendbar sind, die entlang der Querachse 5 nur wenig gestreckt sind; solche Spulen sind mechanisch wesentlich robuster als stark gestreckte Spulen, da eine nur gering

gestreckte Gestalt eine gegenüber stark gestreckten Spulen wesentlich bessere Kompensation der parallel zur Mittelebene auftretenden Kräfte zwischen den geraden Segmenten 7 gestattet.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wigners, unter Einbeziehung einer für jedwede Wiggler in Frage kommenden Weiterbildung, ist dargestellt in Figur 3 in einer Draufsicht entlang der Querachse. Zunächst ist jeder Innenspule 3 eine etwa gleichgestaltete Ausgleichsspule 11 zugeordnet, wobei in jeder Spulenanordnung die Innenspule 3 zwischen der durch die Längsachse 1 gegebenen Mittelebene und der jeweiligen zugeordneten Ausgleichsspule 11 liegt. Die Ausgleichsspulen 11 dienen dazu, die magnetischen Kräfte zu kompensieren, die die Innenspulen 3 während des Betriebs aufeinander ausüben. Hierfür müssen die Magnetfelder jeder Innenspule 3 und der zugehörigen Ausgleichsspule 11 parallel zueinander ausgerichtet sein. Durch die zwischen jeder Innenspule 3 und der zugehörigen Ausgleichsspule 11 auftretenden magnetischen Kräfte wird jede Innenspule 3 zu ihrer zugeordneten Ausgleichsspule 11 gezogen; dadurch ist die Kraft zwischen den Innenspulen 3 reduziert, wodurch die mechanische Abstützung der Innenspulen 3 gegeneinander vereinfacht ist. Somit kann auf Abstützmaterial zwischen den Innenspulen 3 verzichtet werden, es sind damit die Innenspulen 3 näher als bisher an die Mittelebene heranzuführen und es ist am Schnittpunkt 10 zwischen Längsachse 1 und Hochachse 2 ein höheres Magnetfeld, entsprechend einer verbesserten Synchrotronstrahlungserzeugung, zu erzielen. Selbstverständlich muß nach wie vor eine gegenseitige mechanische Abstützung der beiden Anordnungen aus Innenspule 3 und Ausgleichsspule 11 vorgesehen werden; diese Abstützvorrichtung muß jedoch nicht unmittelbar zwischen den Innenspulen 3 liegen, sondern sie kann in die zwischen jeder Innenspule 3 und der zugehörigen Ausgleichsspule 11 liegenden Zwischenräume eingreifen und somit auf mehr oder weniger indirektem Wege die Abstützung der Innenspulen 3 gegeneinander realisieren. Ein weiteres besonderes Merkmal der Anordnung nach Figur 3 ist, daß der Abstand 9 zwischen der Außenspule 4 und der durch die Längsachse 1 dargestellten Mittelebene größer ist als der Abstand 8 zwischen der Innenspule 3 und der Mittelebene. Aufgrund des großen Durchmessers der erfindungsgemäßen Außenspule 4 kann diese ohne wesentliche Beeinträchtigung des Magnetfeldes auf der Längsachse 1 weiter von dieser entfernt werden, als dies bei Rennbahnförmigen Spulen nach Art der Innenspule 3, wie sie in den Wiggler des Standes der Technik ausschließlich Verwendung finden, möglich wäre. Dementsprechend verbleibt bei dem erfindungsgemäßen Wiggler deutlich mehr Platz für Abstützein-

richtungen, Kühltische und dergleichen, womit eine wesentliche Verbesserung der Betriebssicherheit zusätzlich zu der erreichbaren Kompaktheit erzielbar ist.

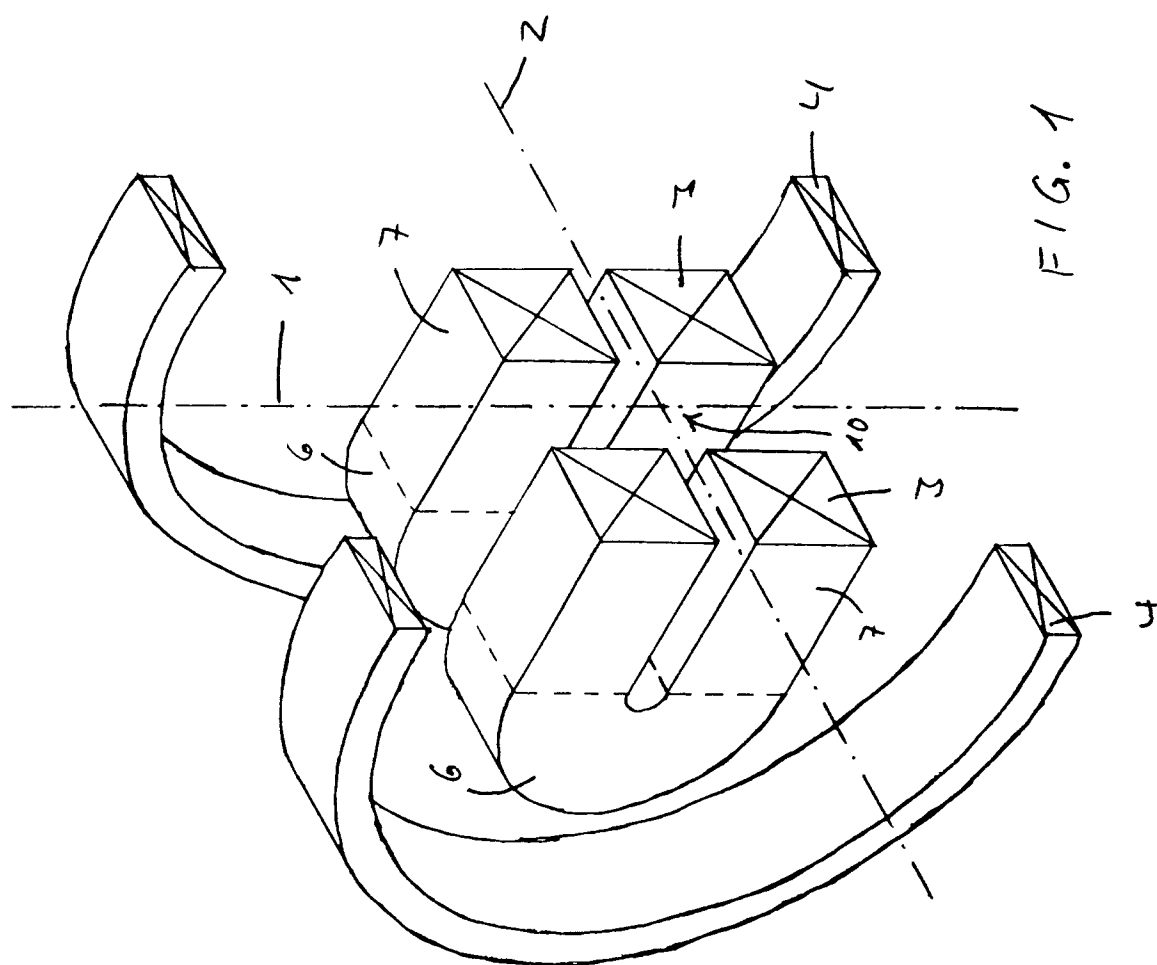
Der erfindungsgemäße Wiggler ist mit vergleichsweise geringem Aufwand herstellbar, er erfordert deutlich weniger Platz als ein Wiggler nach dem Stand der Technik, er bietet die Möglichkeit einer bedeutenden Vereinfachung der immerhin notwendigen mechanischen Abstützvorrichtungen und weist eine besonders hohe Betriebssicherheit auf.

Patentansprüche

1. Wiggler mit einer Längsachse (1) sowie einer diese schneidenden und zu dieser senkrechten Hochachse (2), welcher Wiggler zwei Spulenordnungen hat, die entlang der Hochachse (2) voneinander beabstandet und bezüglich einer die Längsachse (1) enthaltenden, zur Hochachse (2) senkrechten Mittelebene im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander ausgerichtet sind und deren jede eine Mehrzahl von im wesentlichen ebenen Spulen (3, 4, 11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Spulenordnung eine bezüglich der Hochachse (2) axialsymmetrische Innenspule (3) und eine bezüglich der Hochachse (2) axialsymmetrische Außenspule (4) aufweist, welche die Innenspule (3) umgibt.
2. Wiggler nach Anspruch 1, bei dem jede Außenspule (4) etwa kreissymmetrisch ist.
3. Wiggler nach Anspruch 1 oder 2, bei dem jede Innenspule (3) entlang einer Querachse (5), welche senkrecht zur Längsachse (1) und senkrecht zur Hochachse (2) ist, gestreckt ist.
4. Wiggler nach Anspruch 3, bei dem jede Innenspule (3) eine Rennbahn-Form hat mit zwei etwa halbkreisförmigen gebogenen Segmenten (6) und zwei geraden Segmenten (7).
5. Wiggler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in jeder Spulenordnung die Spulen (3, 4) jeweils einen zugehörigen Abstand (8, 9) zu der Mittelebene haben und der Abstand (8) der Innenspule (3) kleiner ist als der Abstand (9) der Außenspule (4).
6. Wiggler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in jeder Spulenordnung zumindest einer Spule (3, 4) eine ebene Ausgleichsspule (11) zugeordnet ist, welche bezüglich der Hochachse (2) im wesentlichen axialsymmetrisch und etwa parallel zu der Mittel-

ebene ausgerichtet ist, wobei die Spule (3, 4) zwischen der Mittelebene und der zugeordneten Ausgleichsspule (11) liegt.

7. Wiggler nach Anspruch 6, bei dem in jeder Spulenordnung der Innenspule (3) eine Ausgleichsspule (11) zugeordnet ist.
8. Wiggler nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in jeder Spulenordnung zumindest einer Spule (3, 4) eine etwa ebene Ausgleichsspule (11) zugeordnet ist, welche etwa konzentrisch zu der Spule (3, 4) und etwa parallel zu der Mittelebene ausgerichtet ist, wobei die Spule (3, 4) zwischen der Mittelebene und der zugeordneten Ausgleichsspule (11) liegt.
9. Wiggler nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem jede Ausgleichsspule (11) etwa dieselbe Gestalt aufweist wie die Spule (3, 4), der sie zugeordnet ist.
10. Wiggler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem alle Spulen (3, 4, 11) supraleitfähig sind.
11. Wiggler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit welchem an einem Schnittpunkt (10) der Längsachse (1) und der Hochachse (2) ein magnetisches Feld zwischen 2 Tesla und 10 Tesla, insbesondere zwischen 3 Tesla und 6 Tesla, vorzugsweise zwischen 4 Tesla und 5 Tesla, erzeugbar ist.
12. Verwendung eines Wigglers nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung mittels eines Strahls von Elementarteilchen, insbesondere Elektronen oder Positronen.



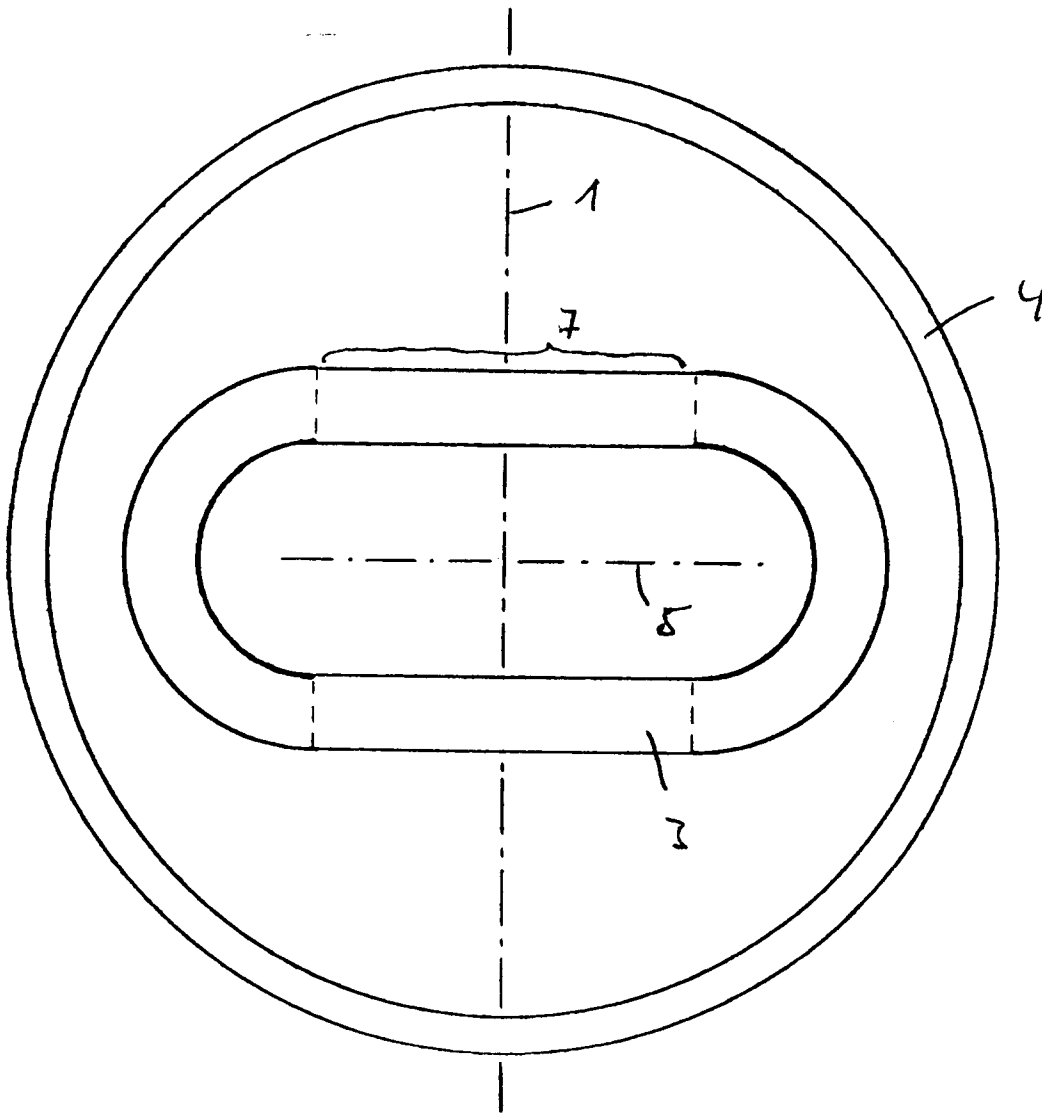
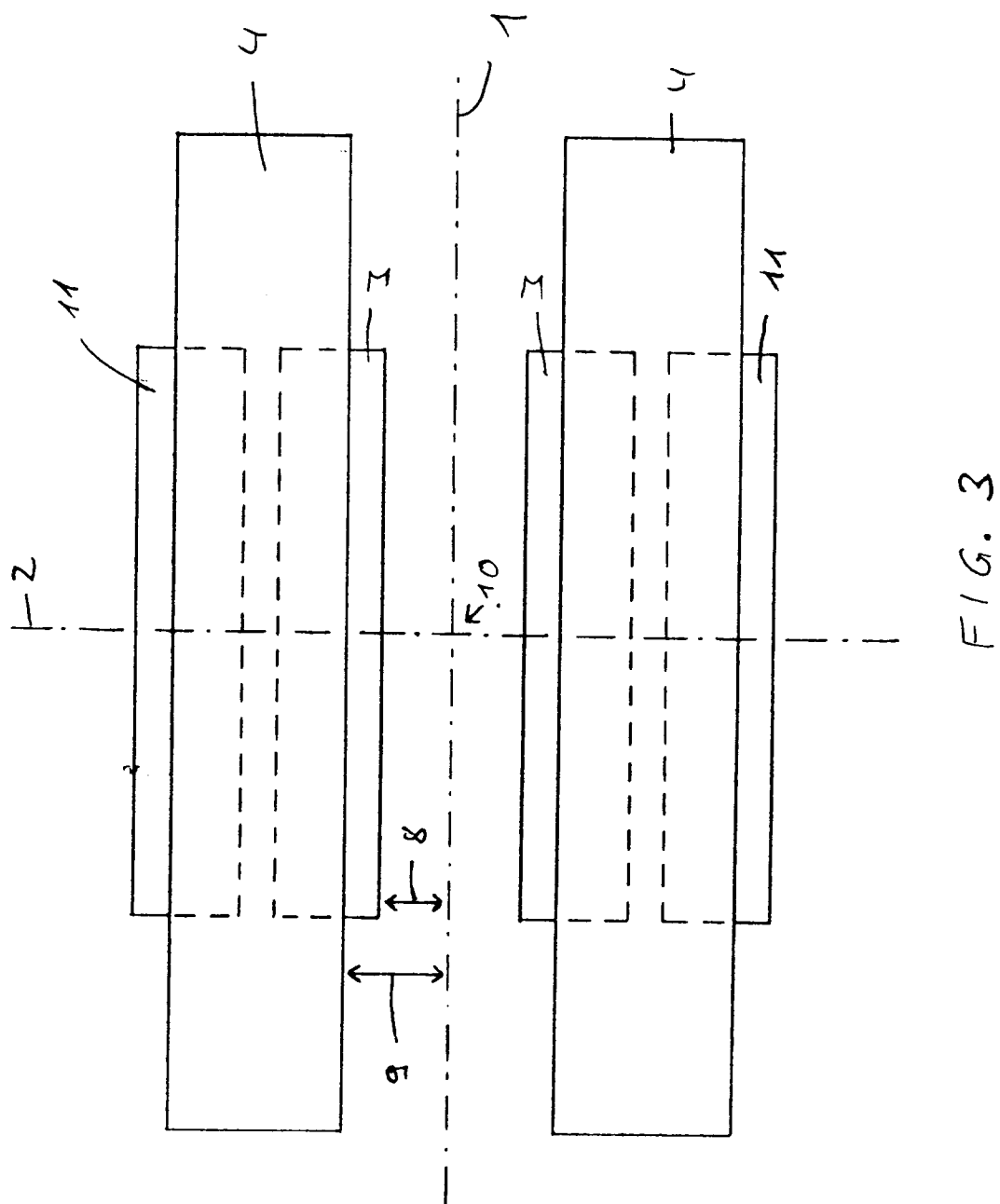


FIG. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 1569

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5) |
| D,A | IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS. Bd. MAG17, Nr. 5, September 1981, NEW YORK US Seiten 1595 - 1598 BAYNHAM ET AL. 'A 5 Tesla superconducting wiggler magnet' * Seite 1595, linke Spalte, Absatz 1 - Seite 1596, rechte Spalte, Absatz 4 * * Abbildungen 1-2 * --- | 1,4, 10-12 | H05H7/04 |
| A | DE-A-2 302 979 (SIEMENS) * Seite 7, Absatz 1 * * Abbildung 1 * --- | 2 | |
| D,A | NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS Bd. 208, 1983, AMSTERDAM NL Seiten 65 - 77 BROWN ET AL. 'Wiggler and undulator magnets - A review' ----- | | |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5) |
| | | | H05H G21K |
| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer | |
| DEN HAAG | 26 FEBRUAR 1993 | CAPOSTAGNO E. | |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | | |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur | | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | |