

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **86108071.1**

51 Int. Cl.4: **H05H 7/04**

22 Anmeldetag: **12.06.86**

30 Priorität: **24.06.85 DE 3522528**

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.01.87 Patentblatt 87/03

64 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

72 Erfinder: **Jahnke, Andreas, Dr.**
Tannenweg 4
D-8550 Forchheim(DE)

54 **Magnetfелеinrichtung für eine Anlage zur Beschleunigung und/oder Speicherung elektrisch geladener Teilchen.**

57 Die Magnetfелеinrichtung für eine Anlage zur Beschleunigung und/oder Speicherung elektrisch geladener Teilchen, insbesondere von Elektronen, weist gekrümmte Abschnitte der Teilchenbahn auf, in denen jeweils ein entsprechend gekrümmter Dipolmagnet angeordnet ist, der supraleitende Wicklungen und eine Zusatzwicklung enthält und mit dem ein magnetisches Führungsfeld für den Teilchenstrahl zu erzeugen ist, das schwach fokussierend aufgrund entsprechender Feldgradienten wirkt. Diese Feldgradienten sollen auch bei hoher magnetischer Flußdichte auf verhältnismäßig einfache Weise hervorzurufen sein. Erfindungsgemäß ist hierzu vorgesehen, daß jedem zumindest eisenfreien Dipolmagneten (2) eine supraleitende Zusatzwicklung (7) zugeordnet ist, welche entsprechend gekrümmt ist, mit ihrer konvexen Außenseite (7a) an den Bereich der konkaven Innenseiten (3i, 4i) der gekrümmten Dipolwicklungen (3 bzw. 4) zumindest angrenzt und mit welcher die erforderlichen Feldgradienten im wesentlichen hervorzurufen sind.

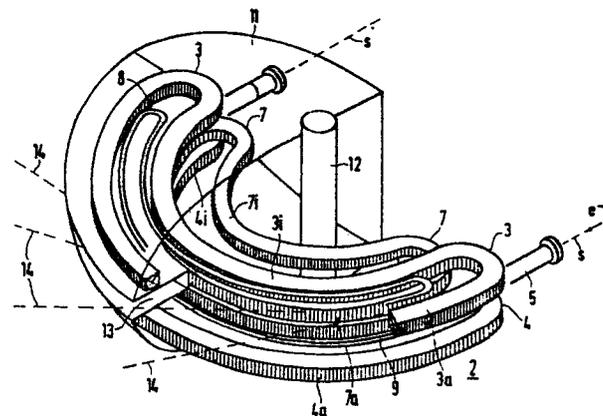


FIG 1

EP 0 208 163 A1

Magnetfeldeinrichtung für eine Anlage zur Beschleunigung und/oder Speicherung elektrisch geladener Teilchen

Die Erfindung bezieht sich auf eine Magnetfeldeinrichtung für eine Anlage zur Beschleunigung und/oder Speicherung elektrisch geladener Teilchen, insbesondere von Elektronen, deren Teilchenbahn gekrümmte Abschnitte aufweist, in denen jeweils ein entsprechend gekrümmter Dipolmagnet angeordnet ist, der supraleitende Wicklungen und eine Zusatzwicklung enthält und mit dem ein magnetisches Führungsfeld für den Teilchenstrahl zu erzeugen ist, das schwach fokussierend aufgrund entsprechender Feldgradienten ist. Eine derartige Einrichtung ist z.B. aus der Veröffentlichung mit dem Titel "Superconducting Racetrack Electron Storage Ring and Coexistent Injector Microtron for Synchrotron Radiation" des "Institute for Solid State Physics" of the University of Tokyo, Japan, Sept. 1984, Ser. B, No. 21, Seiten 1 bis 29 zu entnehmen.

Mit bekannten kleineren, kreisförmig gestalteten Elektronenbeschleuniger-Anlagen, die auch als "Microtrons" bezeichnet werden, lassen sich Teilchenenergien bis etwa 100 MeV erreichen. Diese Anlagen können insbesondere auch als sogenannte Rennbahn-(englisch: "race-track")Microtrons reali-

siert werden. Die Teilchenbahnen dieses Typs von Beschleuniger-Anlagen setzen sich dabei aus zwei Halbkreisen mit jeweils einem entsprechenden 180°-Ablenkmagneten und aus zwei geraden Bahnabschnitten zusammen (vgl. "Nucl.Instr. and Meth.", Vol. 177, 1980, Seiten 411 bis 416, oder Vol. 204, 1982, Seiten 1 bis 20).

Soll die angestrebte Endenergie der Elektronen von etwa 100 MeV bis 1 GeV gesteigert werden, so bietet sich bei unveränderten Abmessungen die Erhöhung des Magnetfeldes an. Derartige Magnetfelder können insbesondere mit supraleitenden Magneten erzeugt werden.

Auch die aus der eingangs genannten Veröffentlichung zu entnehmende Elektronenspeicherring-Anlage weist in ihren gekrümmten Abschnitten Dipolmagnete mit supraleitenden Wicklungen auf. Dabei wird im allgemeinen vorausgesetzt, daß das im Bereich dieser Magnete erzeugte Führungsfeld für den Teilchenstrahl schwach fokussierend aufgrund entsprechender Feldgradienten wirkt. Ein Maß für eine derartige Fokussierung ist der sogenannte Feldindex n , der allgemein definiert ist als:

$$n = - \frac{r_0}{B_{z0}} \cdot \frac{\partial B}{\partial r} ,$$

wobei r_0 der Radius der Teilchenbahn, B_{z0} die senkrecht bezüglich der Teilchenbahn verlaufende Komponente der magnetischen Induktion und $\partial B/\partial r$ der Feldgradient sind (vgl. z.B. R.Kollath: "Teilchenbeschleuniger", Braunschweig 1955, Seite 23). Im Falle einer schwachen Fokussierung liegt der Feldindex zwischen etwa 0,3 und 0,7 und insbesondere bei etwa 0,5.

Eine solche schwache Fokussierung in den gekrümmten Bahnabschnitten wird im allgemeinen bei bekannten Speicherring-Anlagen durch besondere Formgebungen der Polschuhe eines die Teilchenbahn umschließenden Eisenjoches des Dipolmagneten sowie gegebenenfalls durch besondere Zusatzwicklungen erreicht. Auch bei der aus der eingangs genannten Veröffentlichung zu entnehmenden Speicherring-Anlage weisen die supraleitenden Dipolmagnete Eisenjoche auf. Diese Joche sind in der Äquatorialebene der Teilchenbahn nach außen hin durchbrochen, um einen Auslaß und damit eine Nutzung der in den gekrümmten Abschnitten der Teilchenbahn auftretenden Synchrotronstrahlung zu ermöglichen.

Abgesehen davon, daß bei der bekannten Speicherring-Anlage die Ausbildung eines entsprechenden Eisenjoches verhältnismäßig aufwendig ist, ist auch der Beitrag des Eisenjochs zur magnetischen Flußdichte aufgrund der magnetischen Sättigung des Materials nach oben hin begrenzt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die bekannte Magnetfeldeinrichtung dahingehend zu verbessern, daß auf verhältnismäßig einfache Weise im Bereich ihrer gekrümmten Dipolspulen die für eine schwache Fokussierung des Teilchenstrahles erforderlichen Feldgradienten auszubilden sind und der hierfür erforderliche apparative Aufwand begrenzt ist, ohne daß eine Beschränkung der Größe der magnetischen Induktion aufgrund der Sättigungsmagnetisierung von Eisen besteht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jedem zumindest weitgehend eisenfreien Dipolmagneten eine supraleitende Zusatzwicklung zugeordnet ist, welche entsprechend gekrümmt ist, welche mit ihrer konvexen

Außenseite an den Bereich der konkaven Innenseiten der gekrümmten Dipolwicklungen zumindest angrenzt und mit welcher die erforderlichen Feldgradienten im wesentlichen hervorzurufen sind.

Die Zusatzwicklung jedes Dipolmagneten weist somit eine gekrümmte Form auf, die der der Dipolwicklungen entspricht. Die damit verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß für die Zusatzwicklung dieselben Verfahren zur Herstellung angewandt werden können wie für die supraleitenden Dipolwicklungen. Entsprechende Verfahren sind z.B. mit den DE-Patentanmeldungen P 34 44 983.3, P 35 04 211.7 oder P 35 04 223.0 vorgeschlagen. Außerdem ist das von einer gekrümmten Zusatzwicklung eingenommene magnetfelderfüllte Volumen verhältnismäßig klein, so daß die in ihr zu speichernde Energie vorteilhaft entsprechend gering ist. Darüber hinaus bleibt im Inneren der gekrümmten Zusatzspule im Bereich ihres Radiusmittelpunktes hinreichend Platz, um mechanische Stützstrukturen für die Dipolwicklungen und die Zusatzwicklung anordnen zu können.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Magnetfeldeinrichtung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren Figur 1 eine erfindungsgemäße Magnetfeldeinrichtung als Teil einer Elektronenbeschleuniger- bzw. Elektronenspeicherring-Anlage angedeutet ist. Figur 2 zeigt schematisch die supraleitenden Wicklungen einer derartigen Magnetfeldeinrichtung. Dabei sind in den Figuren übereinstimmende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist in Schrägansicht ein gekrümmter Dipolablenkmagnet einer Elektronenbeschleuniger- bzw. -speicherringanlage in teilweise aufgerissener Darstellung schematisch wiedergegeben. Der allgemein mit 2 bezeichnete Dipolmagnet ist aufgrund der gekrümmten Teilchenbahn s ebenfalls gekrümmt und kann insbesondere halbkreisförmig gebogen sein (vgl. z.B. die eingangs genannte Veröffentlichung). Da insbesondere Endenergien der Elektronen e^- von mehreren 100 MeV angestrebt werden, sind wegen der hierfür erforderlichen hohen Feldstärken die Wicklungen 3 und 4 des Magneten bevorzugt mit supraleitendem Material erstellt. Diese Dipolwicklungen 3 und 4, die auch als Hauptwicklungen bezeichnet werden, sind beiderseits eines längs der Teilchenbahn s verlaufenden Elektronenstrahlrohres 5 in parallelen Ebenen liegend angeordnet und weisen aufgrund ihrer Krümmung jeweils eine konkave Innenseite $3i$ bzw. $4i$ und eine konvexe Außenseite $3a$ bzw. $4a$ auf. In der durch das Strahlrohr 5 bzw. die Teilchenbahn s aufgespannten Äquatorialebene liegt außerdem gemäß der Erfindung eine supraleitende Zusatzwicklung 7, mit der die für eine schwache Fokussie-

5 rung mit Feldindex n zwischen etwa 0,3 und 0,7, insbesondere von etwa 0,5 erforderlichen Feldgradienten des von den Hauptwicklungen 3 und 4 erzeugten Dipolfeldes zumindest im wesentlichen hervorzurufen sind. Die deshalb auch als Gradientenwicklung zu bezeichnende Zusatzwicklung 7 weist dabei eine der Form der Hauptwicklungen 3 und 4 entsprechende gekrümmte Form auf. Dabei grenzt diese Zusatzwicklung 7 mit ihrer Außenseite 7a an den durch die Innenseiten $3i$ und $4i$ der Hauptwicklungen 3 und 4 festgelegten Bereich zumindest an. Wie insbesondere aus der schematischen Aufsicht der Figur 2 näher hervorgeht, können sich in diesem Bereich vorteilhaft die konkaven Innenseiten $3i$ und $4i$ der Dipolwicklungen 3 und 4 und die konvexe Außenseite 7a der Zusatzwicklung 7 auch überlappen, d.h., diese Wicklungen haben dann in diesem Bereich einen etwa gleichen Krümmungsradius r .

20 Ferner ist in Figur 1 angedeutet, daß in den von den supraleitenden Hauptwicklungen 3 und 4 jeweils umschlossenen Flächen noch je eine entsprechend gekrümmte supraleitende Nebenwicklung 8 bzw. 9 vorgesehen werden kann. Da die Leiter der Wicklungen 3, 4, 7 bis 9 aus supraleitendem Material bestehen, ist für diese Wicklungen ein gemeinsames Kryostaten- oder Heliumgehäuse 11 vorgesehen. Das Gehäuse 11 und damit die in ihm befindlichen Wicklungen können an einer turmartigen Halterung 12 oder sonstigen Stützvorrichtung befestigt sein, die vorteilhaft aufgrund der gekrümmten Form der Zusatzwicklung 7 etwa im Mittelpunkt der Krümmungsradien der Wicklungen und somit außerhalb der von den Wicklungen 3, 4, 7 jeweils eingeschlossenen Flächen angeordnet werden kann. Hiermit können gegebenenfalls auch Probleme mit Wirbelströmen in der Halterung 12 wesentlich vermindert werden. Außerdem ist das Gehäuse 11 im Bereich der Äquatorialebene von der Außenseite des Dipolmagneten 2 her aus Gründen einer ungestörten Herausführung der in dem gekrümmten Bereich der Teilchenbahn s auftretenden Synchrotronstrahlung nicht durchgehend, sondern quasi zweigeteilt ausgeführt. Hiermit ist eine schlitzzartige Strahlkammer 13 ausgebildet, die zwischen den konvexen Außenseiten $3a$ und $4a$ der Hauptwicklungen hindurch bis an die Außenseite 7a der supraleitenden Zusatzwicklung 7 heranreicht. Die aus dieser Strahlkammer tangential austretende Synchrotronstrahlung ist in der Figur durch gestrichelte Linien 14 angedeutet.

55 Ansprüche

1. Magnetfeldeinrichtung für eine Anlage zur Beschleunigung und/oder Speicherung elektrisch geladener Teilchen, insbesondere von Elektronen,

deren Teilchenbahn gekrümmte Abschnitte aufweist, in denen jeweils ein entsprechend gekrümmter Dipolmagnet angeordnet ist, der supraleitende Wicklungen und eine Zusatzwicklung enthält und mit dem ein magnetisches Führungsfeld für den Teilchenstrahl zu erzeugen ist, das schwach fokussierend aufgrund entsprechender Feldgradienten ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedem zumindest weitgehend eisenfreien Dipolmagneten (2) eine supraleitende Zusatzwicklung (7) zugeordnet ist, welche

-entsprechend gekrümmt ist,

-mit ihrer konvexen Außenseite (7a) an den Bereich der konkaven Innenseiten (3i, 4i) der gekrümmten Dipolwicklungen (3 bzw. 4) zumindest angrenzt

und

-mit welcher die erforderlichen Feldgradienten im wesentlichen hervorzurufen sind.

2. Magnetfeldeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zusatzwicklung (7) in einer zwischen den parallelen Ebenen der Dipolwicklungen (3, 4) verlaufenden Zwischenebene angeordnet ist.

3. Magnetfeldeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die konvexe Außenseite (7a) der Zusatzwicklung (7) sowie die konkaven Innenseiten (3i, 4i) der Dipolwicklungen (3, 4) zumindest teilweise überlappen.

4. Magnetfeldeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Zusatzwicklung (7) und die Dipolwicklungen (3, 4) in einem gemeinsamen Kryostatengehäuse (11) befinden.

5. Magnetfeldeinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zusatzwicklung (7) und die Dipolwicklungen (3, 4) über das Kryostatengehäuse (11) an einer zentralen turmartigen Halterung (12) befestigt sind.

6. Magnetfeldeinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die turmartige Halterung (12) an der Innenseite des Dipolmagneten (2) außerhalb der von den Wicklungen (3, 4, 7) jeweils begrenzten Flächen angeordnet ist.

7. Magnetfeldeinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Auslaß von Synchrontronstrahlung das Kryostatengehäuse (11) im Bereich der durch die Teilchenbahn (s) festgelegten Mittelebene an seiner Außenseite zu einer schlitzartigen Strahlkammer (13) ausgebildet ist.

8. Magnetfeldeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den von den Dipolwicklungen (3, 4) eingeschlossenen Flächen jeweils eine Dipolnebenwicklung (8 bzw. 9) mit supraleitenden Leitern angeordnet ist.

35

40

45

50

55

4

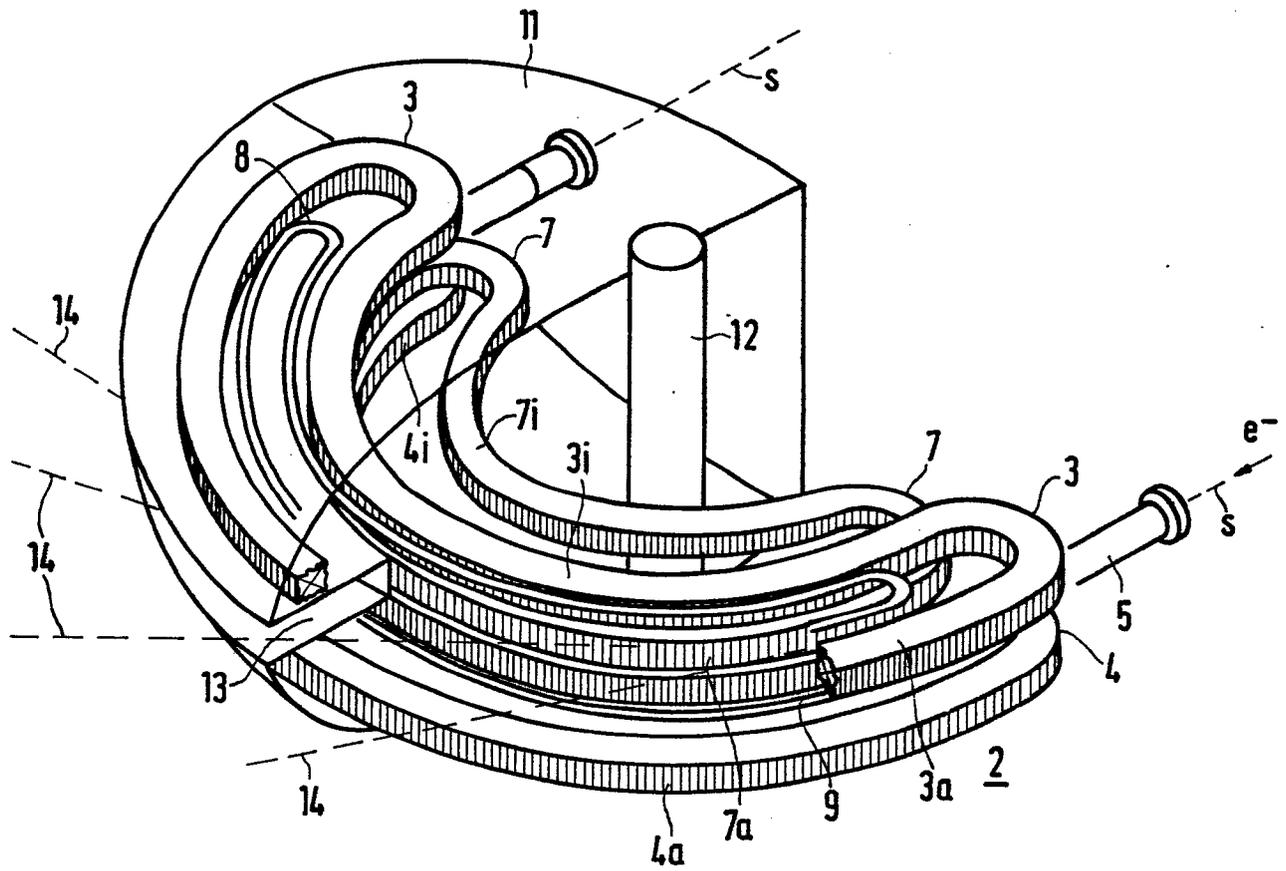


FIG 1

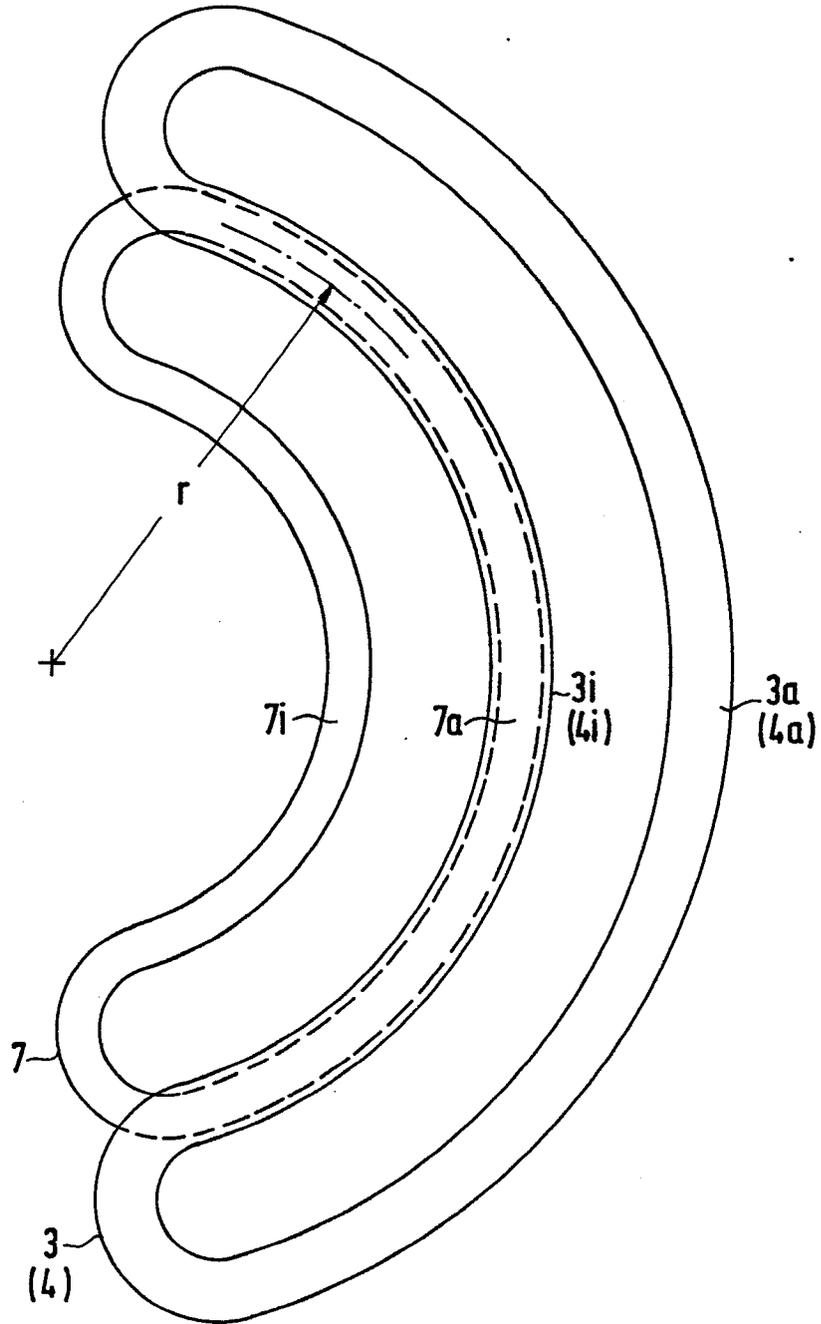


FIG 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
D, A	NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS, Band 204, Nr. 1, Dezember 1982, Seiten 1-20, North-Holland, Amsterdam, NL; S. ROSANDER et al.: "The 50 Mev racetrack microtron at the royal institute of technology stockholm" * Figur 5 *	1	H 05 H 7/04
A	DE-A-3 148 100 (U.H. TRINKS) * Seite 10, Zeilen 21-27; Seite 13, Zeilen 1-12; Seite 18, Zeilen 1-15; Figuren 2,3 *	1-4, 7, 8	
A	IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, Band NS-30, Nr. 4, Teil I, August 1983, Seiten 2042-2044, IEEE, New York, US; C. TAYLOR et al.: "Conceptual magnet design for an iron-free colliding beam accelerator" * Seite 2042, Spalte 1, Zeilen 1-16, 20-25; Figur 1 *	1, 4, 5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			H 05 H G 21 K H 01 F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 01-10-1986	
		Prüfer GALANTI M.	
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			