



(10) **DE 10 2023 003 740 A1** 2025.03.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 003 740.0**

(22) Anmeldetag: **08.09.2023**

(43) Offenlegungstag: **13.03.2025**

(51) Int Cl.: **G21B 1/05 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE**

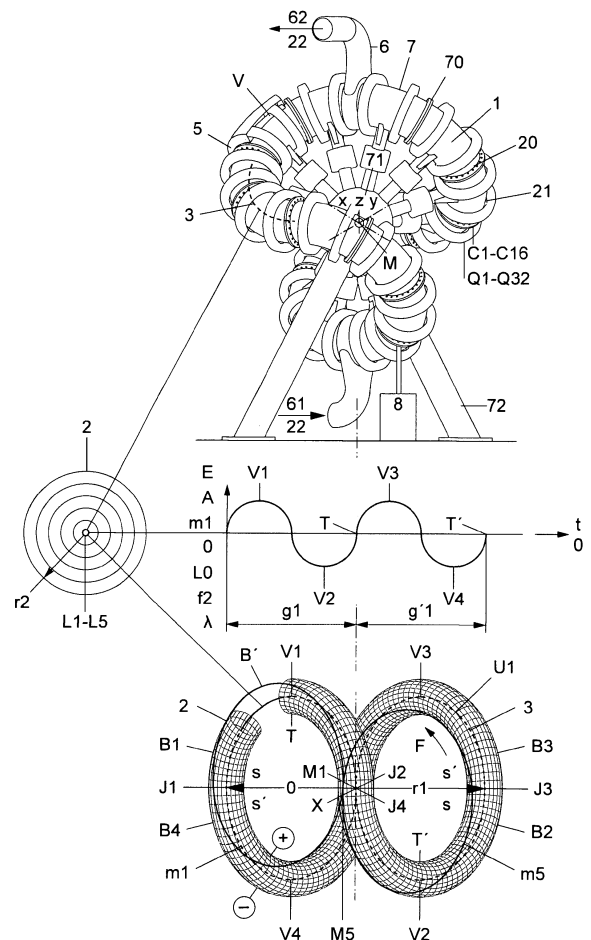
(72) Erfinder:  
**Erfinder gleich Anmelder**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **INDUKTIONSSYSTEM FÜR EINEN FUSIONSREAKTOR**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Fusionsreaktor (1) mit einem Induktionssystem, der eine Vielzahl von Mittelpunkten (M1-Mn) jeweils im Schnittpunkt eines durch die Achsen (x,y,z) definierten Raums hat und für den stabilen elektromagnetischen Einschluss eines Plasmavolumens (2) in einem von einer Mehrzahl von Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) umfängenen Plasmagefäß (20) ausgebildet ist. Das Plasmavolumen (2) hat eine aus vier gleichen Halbkreisbögen (B1-B4) mit vier Verbindungspunkten (J1-J4) und vier Scheitelpunkten (V1-V4) in acht gleich lange Abschnitte untergliederte zentrale Magnetfeldlinie (m1) mit dem Radius (r1) und definiert an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre um einen zentralen Mittelpunkt (M1) eine Umlaufbahn (U1). Für die Anordnung exzentrischer Magnetfeldlinien (m2-mn) ist die Magnetfeldlinie (m1) von konzentrischen, schlauchförmigen Flächen einer Doppelhelix (3) in einer Mehrzahl von Schichten (L1-Ln) umgeben. Die in regelmäßigen Abständen konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie (m1) und quer zu einer magnetodynamischen Flussrichtung (F) angeordneten Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) erzwingen in Funktionseinheit mit einem Chiasmus (X) der jeweils als Endlosschleifen ausgebildeten Magnetfeldlinien (m1-mn) an wenigstens einer Nulllinie (0,0') zwischen zwei Perioden (T,T') einer Ringschwingung gleiche Weglängen (g,g') für Teilchen (+,-) mit der Spin-Quantenzahl 1/2, wobei die Teilchen jeweils in konzentrischen Schichten (L1-Ln) des von einer Doppelhelix (3) gebildeten Magnetfelds geführt werden.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Fusionsreaktor mit einem quantenmechanisch wirksamen Induktionssystem, das für einen stationären, magnetischen Plasmaeinschluss in einem Plasmagefäß des Fusionsreaktors ausgebildet ist. In einem konstruktiven Teil der Erfindung wird ausgehend von einer geometrischen Ordnung für das Magnetfeld des Fusionsreaktors eine technische Lehre für die Ausbildung des Plasmagefäßes als einem integrierten Bausystem mit modular ausbildbaren Baugruppen und Funktionselementen des Fusionsreaktors angegeben, während in einem theoretischen Teil der Erfindung besondere Symmetriebedingungen für den Spin geladener Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  benannt werden, wobei die elektromagnetisch erregte Fluidodynamik des Plasmas mit einem Sphärenmodell für erzwungenen Ringschwingungen beschrieben wird, das ein fluiddynamisches Gleichgewicht der elektromagnetisch induzierten Kräfte innerhalb des hochenergetischen Zustands eines Fusionsplasmas ermöglicht. Für die Beschreibung der sich jeder bildlichen Vorstellung entziehenden Gesetzmäßigkeiten der Fermionen ist die Kombination von drei geometrischen Operationen, nämlich der Lorentz Transformation, der Translation und der Rotation erforderlich. Dieses Erklärungsmodell wird auch als Poincare' Gruppe bezeichnet und ist als Quantenfeldtheorie ein Beweis für die Gültigkeit der speziellen Relativitätstheorie.

**[0002]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann damit eine sphärische Ringschwingung innerhalb konzentrischer Magnetfeldschichten einer Doppelhelix erklärt werden. Sämtliche Magnetfeldlinien für die Ringschwingungen von Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  liegen dabei an der Oberfläche virtueller Einheitssphären, die alle denselben Radius haben, wobei im Sinne der Gruppentheorie die Mittelpunkte der Einheitssphären eine homogene Gruppe mit einem durch eine Matrix beschreibbaren Operator bildet. Dieser Regel entsprechend schwingen die Mittelpunkte der Sphären innerhalb eines kugelförmigen Raums um den zentralen Mittelpunkt des Fusionsreaktors. Der Durchmesser dieses kugelförmigen Raums ist durch den Durchmesser des Plasmavolumens definiert, wobei die Anzahl der Magnetfeldlinien durch den Gyrationen-Radius der Teilchen limitiert ist. Damit kann die Doppelhelix im weiteren Sinn auch als ein orbitales Schichtmodell der universalen Raum-Zeit erkannt werden in dem alle Teilchen einer Schwingung unterworfen sind, um ausgehend von einem Anfang, im selben Zustand an ein Ende zu gelangen, der ein neuer Anfang ist.

**[0003]** Der erfindungsgemäße Fusionsreaktor ist für einen stabilen magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem von einer Mehrzahl von Helm-

holtz-Spulen umfangeren Plasmagefäß ausgebildet und weist eine Vielzahl von Mittelpunkten auf, die jeweils im Schnittpunkt eines durch Längs-, Quer- und Hochachsen definierten Raums angeordnet sind. Das Plasmavolumen hat eine aus vier gleichen Halbkreis-Bögen bestehende und mit vier Verbindungspunkten und vier Scheitelpunkten in acht gleich lange Abschnitte untergliederte zentrale Magnetfeldlinie mit einem einheitlichen Radius, die eine Umlaufbahn an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre um einen zentralen Mittelpunkt definiert. Für die Anordnung exzentrischer Magnetfeldlinien ist die zentrale Magnetfeldlinie von konzentrischen, schlauchförmigen Flächen einer Doppelhelix in einer Mehrzahl von Schichten umgeben. Die in regelmäßigen Abständen konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie und quer zu einer magnetodynamischen Flussrichtung angeordneten Helmholtz-Spulen erzwingen in Funktionseinheit mit einem Chiasmus der jeweils als Endlosschleifen ausgebildeten Magnetfeldlinien an wenigstens einer Nulllinie zwischen zwei Perioden einer Ringschwingung gleiche Weglängen für Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$ , wobei die Teilchen jeweils in konzentrischen Schichten des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds geführt werden. Bei dem erfindungsgemäßen Fusionsreaktor werden die Kerne der schweren Isotope des Wasserstoffs -Deuterium und Tritium- exakt auf den Magnetfeldlinien geführt und kollidieren bei Geschwindigkeiten von mehr als 1000 km/s und bei Temperaturen von 100 bis 400 Million Grad Celsius miteinander, um unter Freisetzung großer Mengen thermischer Energie zu Helium zu fusionieren.

**[0004]** Erfindungsgemäß liegen alle Magnetfeldlinien des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds, die zentrale Magnetfeldlinie und die exzentrischen Magnetfeldlinien, jeweils an der Oberfläche virtueller Einheitssphären mit dem gleichen Radius. Während die zentrale Magnetfeldlinie auf einer Einheitssphäre mit einem zentralen Mittelpunkt angeordnet ist, sind die exzentrischen Magnetfeldlinien an der Oberfläche exzentrischer Einheitssphären um exzentrische Mittelpunkte angeordnet. Während die vier Bögen der zentralen Magnetfeldlinie als regelmäßige Halbkreisbögen mit vier jeweils komplanaren Verbindungspunkten ausgebildet sind, weisen die exzentrischen Magnetfeldlinien jeweils vier elliptische Bögen mit nicht komplanaren Verbindungspunkten und mit vier Scheitelpunkten auf. Die Helmholtz-Spulen bewirken in Funktionseinheit mit dem Chiasmus der Magnetfeldlinien gleiche Weglängen für geladene Teilchen in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix in den einzelnen schlauchförmigen Schichten der magnetischen Struktur des Plasmavolumens. In einer Wechselwirkung der Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  mit der von den Helmholtz-Spulen induzierten Lorentzkraft richten sich die Drehimpulsebenen

der Teilchen senkrecht und ihre Drehimpulsachsen parallel zu den Magnetfeldlinien aus und folgen dabei der magnetischen Flussrichtung. Für die Bahnstabilität der Teilchen ist das magnetodynamische Gleichgewicht in den spiegelsymmetrisch zueinander angeordneten Hälften der Doppelhelix von entscheidender Bedeutung und ist dadurch herstellbar, dass der Spin von Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  in jedem der vier Halbkreis-Bögen viermal von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt, wobei sich die Drehimpulsachsen der Teilchen in den zueinander spiegelbildlichen Hälften der Magnetfeldlinien auf ihrer jeweiligen Umlaufbahn mit einer Winkelsumme von 720 Grad viermal umkehren. Die vier gleichen Halbkreis-Bögen der zentralen Magnetfeldlinie die mit einem Radius um den zentralen Mittelpunkt des Fusionsreaktors angeordnet sind, bilden eine Leitlinie für sphärische Ringschwingungen. Während sich die Drehimpulsachsen geladener Teilchen in einem Umlauf der jeweiligen Umlaufbahn mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst drehen wird mit der viermaligen Umkehr der Spin-Drehrichtung der Teilchen jeweils zwischen den Verbindungspunkten der zentralen Magnetfeldlinie die Spurtreue der Teilchen dadurch erreicht, dass sich das Drehmoment der Teilchen in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Magnetfeldlinien gegenseitig aufhebt und in dem Plasmavolumen ein fluiddynamisches Gleichgewicht der magnetischen Kräfte bewirkt wird. Der rasche Wechsel der Drehrichtung des Spin verhindert die Bildung gyraler Driftbewegungen aufgrund einer durch den Spin verursachten Präzession der Teilchen, die exakt den Magnetfeldlinien folgen und mit dem gleichen Spin-Zustand zu einem Ausgangspunkt auf der jeweiligen Umlaufbahn zurückzukehren. Das dafür notwendige Magnetfeld wird von den Helmholtz-Spulen induziert, die eine zentrale Magnetfeldlinie erzeugen, welche von einer Vielzahl exzentrischer Magnetfeldlinien umgeben ist. Aufgrund eines Kräftegleichgewichts der von den Helmholtz-Spulen induzierten Lorentzkraft in den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix sind die exzentrischen Magnetfeldlinien gezwungen, sich in einer Vielzahl von Schichten als Endlosschleifen um die zentrale Magnetfeldlinie zu winden. Die geschieht ohne weiteres Zutun von selbst, sodass die Umlaufbahnen in beiden Hälften der Endlosschleifen gleich lang sind und geladene Teilchen den Mittelpunkt des Fusionsreaktors in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens auf ihren jeweiligen Umlaufbahnen mit gleichen Weglängen umrunden. Da die Helmholtz-Spulen dabei konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie angeordnet sind und in regelmäßigen Intervallen dem Verlauf einer Doppelhelix folgen, bildet das Plasmagefäß in Form einer Doppelhelix ein Gehäuse für sphärische Ringschwingungen. Das Plasmagefäß selbst ist aus einer Mehrzahl gleicher Gefäßmodule aufgebaut, die im Querschnitt entweder kreisförmig oder oval ausgebildet

sind und zwischen einem inneren Radius und einem äußeren Radius um den zentralen Mittelpunkt konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie angeordnet und untereinander zu vier bogenförmigen Baugruppen verschraub- oder verschweißbar sind. Das Magnetfeld in Form einer Doppelhelix sorgt dafür, dass das Plasmavolumen mit einer Distanz zu einer Innenschale dem Querschnitt des Plasmagefäßes folgt, wobei die Helmholtz-Spulen den einzelnen Gefäßmodulen zugeordnet sind und eine radiale Distanz zu dem Plasmagefäß sowie longitudinale Distanzen zueinander aufweisen, die durch Sektorenwinkel des Radius um den zentralen Mittelpunkt definierbar sind. Die zentrale Magnetfeldlinie des Fusionsreaktors ist von einer Mehrzahl konzentrischer Schichten für die Anordnung der exzentrischen Magnetfeldlinien mit analogen Scheitel- und Verbindungspunkten umgeben. Nach der Zündung des Plasmas trennen sich, ausgehend von der zentralen Magnetfeldlinie Elektronen und Protonen der schweren Isotope des Wasserstoffs voneinander, sodass mit der von den Helmholtz-Spulen bewirkten Lorentzkraft innerhalb des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds sowohl die magnetodynamische Flussrichtung, als auch Orientierung der Drehimpulsachse und der Drehimpulsebene der Teilchen bestimmt ist. Die beiden Perioden einer Ringschwingung sind durch wenigstens eine Nulllinie, zwischen einander gegenüberliegenden Verbindungspunkten der zentralen Magnetfeldlinie, in zwei zueinander spiegelbildliche Hälften geteilt, wobei sich die Ringschwingungen in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens jeweils durch schichtspezifische Frequenzen mit einem Frequenzband von 50 Hz an der Außenseite des Plasmavolumens und bis zu mehreren Kilo Hz im Bereich der zentralen Magnetfeldlinie unterscheiden. Gelingt mit dem erfindungsgemäßen, quantenmechanisch wirksamen Induktionssystem ein dauerhafter Einschluss des Plasmavolumens dadurch, dass geladene Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  exakt und stabil auf den Magnetfeldlinien geführt werden, reicht ein Durchmesser des Plasmagefäßes von nur 0,30 bis 0,40 Meter aus um einen kompakten Fusionsreaktor herzustellen. Der Durchmesser des in dem Plasmagefäß eingeschlossenen Plasmavolumens beträgt minimal 0,3 bis maximal mehreren Meter. Der Fusionsreaktor einschließlich seiner Energieversorgung, und eines Konversionsystems kann sowohl terrestrisch als auch orbital stationiert werden und ist in ein Fahrzeug, insbesondere in ein Wasserfahrzeug integrierbar.

Stand der Technik

**[0005]** Unter dem extremen Druck der Schwerkraft verschmelzen in der Sonne und in den durch Raum und Zeit selbstleuchtenden Sternen die Protonen von Wasserstoff zu Helium. Gelingt es die Kernfusion auf der Erde nachzustellen, würde genügend Energie für die weitere kulturelle und industrielle Entwick-

lung der Menschheit zur Verfügung stehen. Die Verschmelzung von Protonen birgt das Versprechen, in Zukunft Energie in unbegrenzten Mengen bereit zu stellen um den Energiehunger der Welt zu stillen, ohne dabei das Klima zu schädigen. Der Vergleich des „Kraftwerks Sonne“ mit einem Fusionsreaktor zeigt die faszinierenden Eigenschaften des Plasmas auf, das sowohl den Gesetzen der Gasdynamik als auch den physikalischen Gesetzen des Elektromagnetismus folgt. Während in der Sonne, die einen Durchmesser von siebenhunderttausend Kilometer hat der aus der Gravitation resultierende hohe Druck durch Selbstzündung die Kernfusion von zweiwertigem Wasserstoff bereits bei Temperaturen von fünfzehn Millionen Grad möglich ist, sind auf der Erde Temperaturen von einhundert bis zweihundert Millionen Grad erforderlich um bei einem vergleichsweise geringen Druck von nur fünf bis sechs Bar ein Plasma für die Kernfusion zu zünden. Mit einer Teilchendichte von nur zehn hoch zwanzig Teilchen ist das Plasma im Vergleich zur Luft, die eine Teilchendichte von zehn hoch sechsundzwanzig Teilchen hat, einem Hochvakuum vergleichbar. Wasserstoff kommt in drei Ausprägungen vor. Reiner Wasserstoff besteht aus einem Kern und zwei Elektronen, während schwerer Wasserstoff aus einem Kern, zwei Elektronen und einem Neutron besteht und mit 0,01 Prozent sehr selten vorkommt. Noch seltener ist überschwerer Wasserstoff, dessen Kern von drei Elektronen und einem Neutron umgeben wird, als radioaktives Isotop zerfällt und deshalb nicht natürlich auf der Erde vorkommt. Wasserstoff und seine Isotope sind chemisch äquivalent. Bei einem Atom besteht der Atomkern aus Protonen und Neutronen und hat einen Durchmesser von zehn hoch minus fünfzehn Metern, während die Elektronenhülle unvorstellbar viel größer ist und einen Durchmesser von zehn hoch minus zehn Metern hat, wobei die Anzahl der Elektronen äquivalent zu der Anzahl der Protonen und Neutronen des Kerns ist. Eine Einheit, die die Kräfte beschreibt mit denen ein Atom zusammengehalten wird, ist das Elektronenvolt. Ein Elektronenvolt ist diejenige Kraft, die notwendig ist um ein Elektron zu beschleunigen. Die Kräfte, die den Atomkern zusammenhalten, wirken über kurze Distanzen und haben einen Betrag von einer Million Elektronenvolt. Die ionisierten Protonen sind durch die starke elektromagnetische Wechselwirkung gebunden, die nur auf kurze Distanz wirkt, sodass sich bei der Kernfusion die Protonen zwei gleichnamig geladener Protonen berühren müssen. Zwei Möglichkeiten sind bekannt um diese starken Bindungskräfte freizusetzen: Entweder können die Protonen der schweren Elemente gespalten werden oder die Protonen der leichten Elemente können verschmolzen werden. Die in der Fusion freigesetzte Energie ist eine Million mal größer als die Energie, die in einer chemischen Reaktion, z.B. bei der Verbrennung von Kohle, erzielbar ist. Aus der Fusion von Deuterium und Tritium entstehen ein Heliumkern, ein Neutron sowie große

Mengen nutzbarer Energie. Bevorzugt werden die Protonen der schweren Isotope des Wasserstoff - Deuterium und Tritium - unter hohem Druck und bei großer Hitze in einem ionisierten Gas, in dem sich Elektronen und Protonen voneinander getrennt haben, zu Helium fusioniert. Die dabei exotherm freigesetzte Energie von einem Gramm Wasserstoff entspricht der Verbrennungswärme von elf Tonnen Kohle. Eine Massendifferenz zwischen zwei als Atomprotonen vorliegenden Fusionspartnern und den Fusionsprodukten ist Voraussetzung für die Umwandlung von Materie in Energie, um der Einstein'schen Gleichung  $E = m c^2$  zu entsprechen. Die Masse der beiden miteinander verschmolzenen Protonen muss dabei größer sein als die Masse der entstehenden Protonen und elektrisch geladenen Teilchen. Besonders groß ist diese Massendifferenz zwischen den schweren Isotopen des Wasserstoffs Deuterium und Tritium und dem in der Fusion erzeugten Helium. Ein weiterer Vorteil der Isotope des Wasserstoffs besteht darin, dass die für die Fusion zu überwindende elektrische Abstoßung bei diesen beiden Fusionspartnern sehr gering ist, da sie jeweils nur eine einzige Elementarladung tragen. Die sogenannte Coulomb-Barriere, die die elektrische Abstoßung der positiv geladenen Atomprotonen beschreibt, muss überwunden werden bevor der Fusionsprozess beginnen kann. Jenseits dieser Barriere ist der Abstand zwischen den Protonen so klein, dass die Anziehung überwiegt und die Protonen durch die starke Wechselwirkung miteinander verschmelzen. Als Fusionsbrennstoff ist deshalb ein Gemisch aus gleichen Anteilen Deuterium und Tritium sehr geeignet. Bei Fusionsreaktoren, mit einem elektromagnetischen Plasmaeinschluss unterscheidet man die Bauart Tokamak von der Bauart Stellarator. Bei einem Tokamak ist aufgrund der ohmschen Heizung mit induktiv getriebenem Strom nur ein gepulster Betrieb in Intervallen möglich, während bei einem Stellarator ein stationärer Betrieb durch eine Beheizung des Plasmas mit Mikrowellenröhren, die außerhalb des Plasmagefäßes angeordnet sind, möglich ist. Die Mikrowellenröhren können als Gyrotrons oder Klystrons ausgebildet werden, die ihre Energie jeweils durch hochfrequente Oszillation direkt auf die geladenen Teilchen im Plasma übertragen, die ihrerseits mit anderen elektrisch geladenen Teilchen kollidieren und so die Temperatur des Plasmas erhöhen. Beide Bauarten nutzen ein ringförmiges, luftleeres, mehrere Kubikmeter Gas fassendes Plasmagefäß, in dem das Gas auf 100 bis 150 Millionen Grad Celsius erhitzt wird, um Elektronen und Atomprotonen voneinander zu trennen und um anschließend ein elektrisch leitendes Plasma zu zünden. Supraleitende Spulen sind um das ringförmige Plasmagefäß angeordnet und erzeugen ein bis zu 12 Tesla starkes Magnetfeld, sodass das Plasma auf Magnetfeldlinien mit einem Abstand zur Innenwand eingeschlossen wird. Der Kontakt des Plasmas zur Innenwand des Plasmagefäßes ist dabei unbedingt

zu vermeiden, da das sich schnell abkühlende Plasma den Fusionsprozess zum Erliegen bringt. Die Kernreaktion ist hochgradig exotherm und wird durch den Zusammenstoß der ionisierten Protonen von Deuterium und Tritium ausgelöst. Die freigesetzten Neutronen geben ihre Energie an der Innenschale des Plasmagefäßes als Wärme ab, sodass sie für die Stromerzeugung genutzt werden kann. An einer entsprechend dotierten Innenschale kann aus diesem Prozess Tritium als Reaktionsprodukt für den in einer Kettenreaktion ablaufenden Fusionsprozess gewonnen werden. Nachdem sich innerhalb des mit einem Hochvakuum vergleichbaren Plasmas Elektronen und Protonen voneinander getrennt haben, zündet das Plasma ab einer Temperatur von 100 Millionen Grad Celsius, wobei die ionisierten Protonen von Deuterium und Tritium zu Helium fusionieren und dabei unvorstellbar große Mengen thermischer Energie freisetzen. Um jedoch Energie im kraftwerkstechnischen Maßstab gewinnen zu können, müssen sehr viele elektrisch geladene Teilchen in einer Kettenreaktion fusionieren, ohne dass dabei weitere Energie von außen zugeführt wird. Leider kommt es dabei zu unerwünschten Konvektionsströmungen innerhalb des Plasmas, sodass die Fusionstemperatur nur für wenige Sekunden aufrecht erhalten werden kann. Ein Problem, das bei Fusionsreaktoren der Bauart Tokamak und auch bei der Bauart Stellarator auftritt, betrifft Instabilitäten innerhalb des Plasmavolumens, die durch unterschiedliche Spulenanordnungen des magnetischen Käfigs hervorgerufen werden und sich mit Unregelmäßigkeiten im Schichtaufbau und mit empfindlichen Störungen im Schichtgefüge von Temperatur und Dichte des Plasmavolumens bemerkbar machen und konvektive, unkontrollierbare Strömungen in dem Plasmavolumen quer zu der magnetodynamischen Flussrichtung auslösen, sodass die Energieeinschlusszeit nicht ausreicht und der sich immer noch im Experimentierstadium befindliche Reaktor abgeschaltet werden muss, noch bevor die Früchte der Kernfusion als überschüssige Energie geerntet werden könnten. Das Lawson-Kriterium beschreibt die Grenzlinie zwischen der für die Zündung des Plasmas aufzubringenden Energie und der innerhalb des gezündeten Plasmas erzeugten Energie. Um die Kernfusion als Energiequelle der Zukunft nutzen zu können, muss diese Grenze überwunden werden, sodass das Produkt aus der Teilchendichte, der Temperatur des Plasmas und der Energieeinschlusszeit jenseits dieser Grenze liegt. Damit die Kettenreaktion der Kernfusion aufrecht erhalten werden kann, ist ein Injektionssystem erforderlich, mit dem ständig neuer Brennstoff in das Plasmagefäß eingeschossen wird, um bereits genutzten Brennstoff zu ersetzen. Vorteilhafterweise hört die Kettenreaktion von selbst auf wenn der Nachschub ausbleibt, sodass, im Unterschied zu der Kernspaltung in einem Atomkraftwerk, von einem Fusionsreaktor keine Gefahr ausgeht. Unglücksfälle wie Explosio-

nen oder Kernschmelzen kommen bei der Fusion nicht vor. Bereits 1915 konnten Albert Einstein und der niederländische Physiker Wander Johannes de Haas im Experiment zeigen, dass ein von einer elektrischen Spule umschlossener Eisenstab beim Einschalten eines elektrischen Stroms einen Drehimpuls erfährt. Dieser sogenannte Einstein-de Haas Effekt gilt als erster Nachweis des Spins. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und am Institut Néel des CNRS Grenoble wurde dieser Effekt 2016 am Beispiel eines einzelnen Moleküls gezeigt und als „Quanten Einstein-de Haas Effekt“ neu formuliert.

**[0006]** Der englische Physiker Paul Dirac fasst 1928 die Eigenschaften und das Verhalten eines fundamentalen Fermions z.B. eines Elektrons oder Quarks mit der Kernspin Quantenzahl  $1/2$  in einer mathematischen Formel zusammen, die im Gegensatz zur Schrödingergleichung die Anforderungen der speziellen Relativitätstheorie erfüllt. Stephen Hawking gibt in seinem Buch „Eine kurze Geschichte der Zeit“ folgende Erklärung für den Spin: „Ein Teilchen mit dem Spin 0 ist ein Punkt: Es sieht aus allen Richtungen gleich aus. Ein Teilchen mit dem Spin 1 ist dagegen wie ein Pfeil: Es sieht aus verschiedenen Richtungen verschieden aus. Nur bei einer vollständigen Umdrehung (360 Grad) sieht das Teilchen wieder gleich aus. Ein Teilchen mit dem Spin 2 ist wie ein Pfeil mit einer Spitze an jedem Ende. Es sieht nach einer halben Umdrehung (180 Grad) wieder gleich aus. Entsprechend sehen Teilchen mit höherem Spin wieder gleich aus, wenn man Drehungen um kleinere Bruchteile einer vollständigen Umdrehung vollzieht. Zudem gibt es Teilchen, die nach einer Umdrehung noch nicht wieder gleich aussehen: Es sind dazu vielmehr zwei vollständige Umdrehungen erforderlich! Der Spin solcher Teilchen wird mit  $1/2$  angegeben.“ Zwar umrunden geladene Teilchen sowohl bei einem Tokamak als auch bei einem Stellarator neuester Bauart einen Mittelpunkt auf spiralförmig verwundenen Bahnen, - die Drehimpulsachse geladener Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  ändert dabei ihre polare Ausrichtung jedoch nicht. Eine Phasenlage bezeichnet in Physik und Technik die Interaktion von Schwingungen, die in ihren Phasenwinkeln gegeneinander derart verschoben sind, dass ihre Periodendauern übereinstimmen, die Zeitpunkte ihrer Nulldurchgänge aber nicht. Der französische Physiker Jules Antoine Lissajous (1822-1880) gilt als Entdecker zweidimensionaler Kurven, die aus der Überlagerung von zwei harmonischen, rechtwinklig zueinander stehender Schwingungen unterschiedlicher Frequenz entstehen. Im Physikunterricht am Gottlieb Daimler Gymnasium in Stuttgart Bad Cannstatt wurde bereits 1968 ein Oszillograph für die Erklärung von Wechselströmen am Beispiel einer Lissajous-Figur genutzt. „Projekt Matterhorn“ war der Codename für kontrollierbare thermonukleare Prozesse, die von Lyman Spitzer an der Princeton University während des kalten Krieges begon-

nen wurde. Bereits 1951 skizzierte Spitzer das Grundkonzept für die Entwicklung eines Stellarators, einer Vorrichtung zum Einschluss und zur Erhitzung von ionisiertem Wasserstoffgas, um Fusionsenergie zur Stromerzeugung freizusetzen. Mit Unterstützung von der US-Atomenergiekommission und der Princeton University wurde im Jahr 1951 das Projekt Matterhorn ins Leben gerufen. Die Fusionsforschung Spitzers war auf dem Forrestal Campus in Princeton untergebracht, wo der Princeton-Physiker John Wheeler Kernwaffenforschung betrieb. Spitzers Forschung trug den Codenamen „Matterhorn S“ und Wheelers „Matterhorn B“. Das Projekt Matterhorn leistete entscheidende Forschungsarbeit, die zur Entwicklung der Wasserstoffbombe beitrug. Als die Kernwaffenforschung 1958 eingestellt wurde, wurde das Projekt freigegeben und 1961 in das Princeton Plasma Physics Laboratory umgewandelt, das noch heute existiert. Nachdem der Stellarator Wendelstein 7X im Jahr 2023 einen Weltrekord mit einer Energieeinschlusszeit von acht Minuten aufgestellt hat, ist die Fusionsforschung dem Ziel das Sonnenfeuer auf der Erde zu bändigen und nutzen zu können ein deutliches Stück näher gekommen. Trotz jahrzehntelanger Forschung sind Fusionsreaktoren, die im kraftwerkstechnischen Maßstab Strom erzeugen können, der weltweit dringend benötigt wird um der drohenden Klimakatastrophe entgegenzuwirken, immer noch nicht verfügbar.

#### Literaturstellen:

- Paul Dirac: The principles of quantum mechanics, Oxford 1958, ISBN 0-19-85211-5,
- Stephen Hawking (Hrsg.): Eine kurze Geschichte der Zeit (aus dem Englischen von Hainer Kober), 23. Aufl. Hamburg 2018,
- G. S. Goudsmit, G. E. Uhlenbeck: Spinning Electrons and the Structure of Spectra, in: Nature. Bd. 117, 1926, S. 264-265,
- Max Jammer: The Conceptual Development of Quantum Mechanics, McGraw-Hill, New York 1966, S. 150,
- Lyman Spitzer Jr: The Stellarator Concept, in: Physics of Fluids, Jg. 1958, Volume 1, Issue 4, p.253-264,
- Marc Ganzhorn/ Svetlana Klyatskaya/ Mario Ruben/ Wolfgang Wernsdorfer: Quantum Einstein-de Haas effect, in: Nature Communications, Bd.7, Art.Nr.11443, 2016
- Hartmut Zohm: Urknall, Weltall und das Leben, veröffentlicht 5.3.23, YouTube-Link: <https://www.youtube.com/watch?v=19bEPu-PYPgo>
- S. Krause, G. Herzog, A. Schlenhoff, A. Sonntag, and R. Wiesendanger: Joule Heating and Spin-Transfer Torque Investigated on the

Atomic Scale Using a Spin-Polarized Scanning Tunneling Microscope, Phys. Rev. Lett.107, 186601 - Published 27 2011,

- Henri Poincaré: Sur la dynamique de l'électron. In: Rendiconti del Circolo matematico di Palermo. Band 21, 1906, S. 129-176,

- Hans Joos: Zur Darstellungstheorie der inhomogenen Lorentzgruppe als Grundlage quantenmechanischer Kinematik. In: Fortschritte der Physik. Band 10, Nr. 3, 1962, S. 65-146, Apostol, Tom M.: Modular functions and Dirichlet series in number theory. Springer-Verlag, New York 1976, ISBN 0-387-90185-X, S. 9.

#### Aufgabenstellung

**[0007]** Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik nimmt sich die Erfindung die Aufgabe vor, ein quantenmechanisch wirksames Induktionssystem für einen dauerhaften magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem Plasmagefäß zu finden, das den stationären Betrieb eines in seinem Aufbau wesentlich vereinfachten Fusionsreaktor ermöglicht, damit Energie aus der Kernfusion sobald wie möglich als eine unbegrenzte Energiequelle genutzt werden kann, um damit der weltweit drohenden Klimakatastrophe entgegenzuwirken. Die Angabe eines skalierbaren, modular aufgebauten und seriell herstellbaren Bausystems, das die rasche Errichtung erfindungsgemäßer Fusionskraftwerke an geeigneten Standorten weltweit ermöglicht, ist ebenso Teil der Aufgabe der Erfindung wie eine neuartige räumliche Integration der einzelnen Systeme des Fusionsreaktors, der aus einem Heizsystem für das Plasma, aus einem Kühlsystem für die Supraleitung der Spulen, aus einem Wärmeübertragungssystem für die Übertragung der Wärme auf ein Nutzsyste, aus einem Tragsystem für das Plasmagefäß, sowie aus einem Injektionssystem für den Einschluss von Brennstoff besteht. Die Integration dieser Systeme folgt einerseits dem Gedanken einer räumlichen Entflechtung und andererseits der Herstellung von Synergien im Zusammenwirken der Systeme. Schließlich besteht die Aufgabe der Erfindung in der Angabe eines quantenmechanisch wirksamen Induktionssystems für geladene Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$ , auf orbitalen Umlaufbahnen um den Mittelpunkt des Fusionsreaktors. Die Anwendung mathematisch und geometrisch formulierbaren Symmetriebedingungen für Fermionen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  ermöglicht die Herstellung magnetischer Symmetriebedingungen für hochfrequente Ringschwingungen mit zwei Perioden, sodass innerhalb des Plasmas mit einer regelmäßigen Umkehr des Eigendrehimpulses der geladenen Teilchen die Bildung unerwünschter konvektiver Turbulenzen quer zur Flussrichtung des Plasmas wirksam unterbunden werden kann. Diese Aufgaben werden mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

**[0008]** Die Erfindung betrifft ein quantenmechanisch wirksames Induktionssystem für einen Fusionsreaktor, der für einen stationären elektromagnetischen Plasmaeinschluss ausgebildet ist. Der erfindungsgemäße Fusionsreaktor ist für einen stabilen magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem von einer Mehrzahl von Helmholtz-Spulen umfängenen Plasmagefäß ausgebildet und weist eine Vielzahl von Mittelpunkten auf, die jeweils im Schnittpunkt eines durch Längs-, Quer- und Hochachsen definierten Raums angeordnet sind. Das Plasmavolumen hat eine aus vier gleichen Halbkreis-Bögen bestehende und mit vier Verbindungspunkten und vier Scheitelpunkten in acht gleich lange Abschnitte untergliederte zentrale Magnetfeldlinie mit einem einheitlichen Radius, die eine Umlaufbahn an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre um einen zentralen Mittelpunkt definiert. Für die Anordnung exzentrischer Magnetfeldlinien ist die zentrale Magnetfeldlinie von konzentrischen, schlauchförmigen Flächen einer Doppelhelix in einer Mehrzahl von Schichten umgeben. Die in regelmäßigen Abständen konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie und quer zu einer magnetodynamischen Flussrichtung angeordneten Helmholtz-Spulen erzwingen in Funktionseinheit mit einem Chiasmus der jeweils als Endloschleifen ausgebildeten Magnetfeldlinien an wenigstens einer Nulllinie zwischen zwei Perioden einer Ringschwingung gleiche Weglängen für Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$ , wobei die Teilchen jeweils in konzentrischen Schichten des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds geführt werden. Der erfindungsgemäße Fusionsreaktor ermöglicht mit einem Kühlsystem für die Spulen, einem Heizsystem für das Plasma, einem Wärmeübertragungssystem des Plasmagefäßes, einem Tragsystem für das Plasmagefäß und einem Injektionssystem für den von Deuterium und Tritium gebildeten Brennstoff einen Dauerbetrieb des Fusionsreaktors dadurch, dass nach der Zündung des Plasmas die Protonen von Deuterium und Tritium bei Temperaturen von 100 bis 400 Millionen Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1000 km/s kollidieren und in einer Kettenreaktion unter Freisetzung großer Mengen thermischer Energie zu Helium fusionieren.

**[0009]** Weitere vorteilhafte Ausführungsbeispiele und Aufgaben der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

**[0010]** Im Einzelnen erfüllt der Fusionsreaktor die folgenden Aufgaben:

- Angabe einer zentralen Magnetfeldlinie aus vier Halbkreis-Bögen, die mit einem Radius um einen zentralen Mittelpunkt an der Oberfläche einer zentralen virtuellen Sphäre liegen,
- Angabe einer exzentrischen Magnetfeldlinie aus vier elliptischen Bögen, die mit dem gleichen Radius um einen exzentrischen Mittel-

punkt an der Oberfläche exzentrischer virtueller Sphären liegen,

- Nutzung der Kreiselwirkung von Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  für die Bahnstabilität, die in einem Umlauf der beiden an einer Nulllinie einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Perioden einer Ringschwingung ihre Drehrichtung viermal ändern,

- Angabe eines Plasmagefäßes aus vier Halbkreis-Bögen für sphärische Schwingungen, in denen der Spin von Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  viermal von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt, wobei sich die Drehrichtung der Teilchen in einem Umlauf der Doppelhelix mit einer Winkelsumme von 720 Grad viermal umkehrt,

- Angabe geladener Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  die sich mit Geschwindigkeiten von mehr als 1000 km/s an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre bewegen und deshalb die Bedingungen für den Spin eines Fermions erfüllen,

- Angabe konzentrischer Schichten des Plasmavolumens, deren Schichtdicken dem Gyrationradius der Teilchen entsprechen,

- Angabe eines Plasmavolumens in einem Plasmagefäß, das einschließlich der Helmholtz-Spulen in das Mantelvolumen einer virtuellen Hohlkugel eingeschrieben werden kann,

- Angabe eines Plasmagefäßes, das aus vier gleichen Halbkreis-Bögen aufgebaut ist, die mit einem inneren und einem äußeren Radius um den zentralen Mittelpunkt angeordnet sind,

- Angabe eines Magnetfelds in Form einer Doppelhelix bei der sich die Magnetfeldlinien ohne äußeres Zutun von selbst um eine zentrale Magnetfeldlinie winden,

- Angabe eines Wärmeübertragungssystems für ein phasenwechselndes Wärmeträgerfluid in einer berippten Wärmeträgerhelix mit einem oberen Ausgang für den Vorlauf zu einer Warmesenke und mit einem unteren Eingang für den Rücklauf zu der das Plasmavolumen als Wärmequelle umgebenden Wärmeträgerhelix,

- Angabe einer Bahnkurve auf der sich die virtuelle Drehimpulsachse eines Teilchens einmal um sich selbst dreht, sodass unter Einbeziehung der antipodalen Stellung in der Drehimpulsebene des Teilchens die Winkelsumme von 720 Grad erreicht ist,

- Angabe kreisringförmiger Helmholtz-Spulen als Induktionssystem für ein Magnetfeld in Form einer Doppelhelix mit einer zentralen Magnetfeldlinie, die von einer Vielzahl von exzentrischen Magnetfeldlinien umwunden wird,

- Angabe eines linearen Zusammenhangs zwischen der Stärke des Magnetfelds, dem Spin-Drehmoment und der joulschen Erwärmung,
- Angabe orbitaler Schlauchflächen des Magnetfelds auf denen sich geladene Teilchen mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1000 km/s um einen Mittelpunkt bewegen,
- Angabe eines orbitalen Kollisionsraums für die Protonen von Deuterium und Tritium,
- Angabe eines Plasmagefäßes in dem ein Druck von sechs bis acht Bar herrscht,
- Angabe einer Doppelhelix als einer Raum-Zeit-schleife die die Bedingungen der speziellen Relativitätstheorie erfüllt,
- Angabe einer Einheitssphäre mit einem einheitlichen Radius für die Selbstorganisation harmonischer Ringschwingungen innerhalb eines aus konzentrisch um eine zentrale Magnetfeldlinie angeordneten Magnetfelds in Form einer Doppelhelix,
- Vereinigung des Sphärenmodells für Fermionen mit einem von konzentrischen Schichten gebildeten orbitalen Modell einer Doppelhelix,
- Angabe einer Ringschwingung des Plasmas mit zwei Perioden,
- Angabe eines quantenmechanisch wirksamen Induktionssystems für den permanenten magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem Plasmagefäß.

#### Die Architektur der Bögen für Ringschwingungen

**[0011]** Die von vier gleichen Halbkreis-Bögen gebildete zentrale Magnetfeldlinie um den zentralen Mittelpunkt bildet eine Leitlinie für die Ausbildung sphärischer Ringschwingungen. Sowohl die zentrale Magnetfeldlinie als auch die exzentrischen Magnetfeldlinien liegen an der Oberfläche virtueller Sphären, die einen einheitlichen Radius haben. Während die zentrale Magnetfeldlinie mit dem einheitlichen Radius um einen zentralen Mittelpunkt angeordnet ist, sind die exzentrischen Magnetfeldlinien an der Oberfläche exzentrischer virtueller Sphären mit dem einheitlichen Radius um exzentrische Mittelpunkte angeordnet. Die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen für Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  wird mit einer gleichmäßigen Verteilung der von den Helmholtz-Spulen induzierten Lorenzskraft in den beiden Hälften, der an wenigstens einer Nulllinie zwischen zwei Perioden einer Ringschwingung einander spiegelsymmetrisch gegenüberliegenden Hälften der Magnetfeldlinien des von einer mehrschichtigen Doppelhelix gebildeten Magnetfelds, erfüllt. Während die symmetrische Kräfteverteilung ohne weiteres für die zentrale Magnetfeldlinie gilt, müssen sich die exzentrischen Magnetfeldlinien

in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens jeweils in Scharen kongruenter Kurven mit nicht komplanaren Verbindungs- und Scheitelpunkten zusammenfinden, um die zentrale Magnetfeldlinie mit gleichen Weglängen in beiden Hälften der Doppelhelix zu umwinden, sodass auch für die exzentrischen Magnetfeldlinien die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften des von einer Doppelhelix gebildeten Magnetfelds gilt. Dem Grundsatz entsprechend, dass gleiche Kräfte in einem spiegelsymmetrischen Bezugssystem analoge Wirkungen entfalten kann gezeigt werden, dass mit einer Schar kongruenter Kurven jeweils an den Oberfläche einer Gruppe von Sphären mit dem einheitlichen Radius die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen in beiden Hälften der Doppelhelix erfüllbar ist, sodass die geladenen Teilchen den Mittelpunkt des Fusionsreaktors in einer harmonischen Ringschwingung umrunden. Der Aufbau des Magnetfelds zeigt eine Schichtstruktur bei der die aus vier gleichen Halbkreisbögen bestehende zentrale Magnetfeldlinie, die von einer Mehrzahl konzentrischer Schichten für die Anordnung der exzentrischen Magnetfeldlinien umgeben ist. Die exzentrischen Magnetfeldlinien in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens weisen jeweils vier, den Jacobi-Funktionen entsprechende elliptische Bögen zwischen den auf einem Viereck liegenden Verbindungspunkten auf. Da sämtliche Magnetfeldlinien an der Oberfläche einer Gruppe von virtuellen Einheitssphären mit jeweils dem gleichen Durchmesser liegen, und sich die Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  mit einer Geschwindigkeiten von mehr als 1000 km/s an der Oberfläche dieser Einheitssphären bewegen, kann gefolgert werden dass die Teilchen den speziellen Bedingungen eines fundamentalen Fermions gehorchen und deshalb der bereits im Jahr 1928 von Paul Dirac gefundenen Formel entsprechen. Die Dirac'sche Formel liefert damit auch, für den hier vorgestellten Sonderfall einer Doppelhelix mit einem mehrschichtig strukturierten Magnetfeld, einen mathematischen Nachweis für die zwangsläufige Kinematik der Fermionen.

#### Das Magnetfeld der Doppelhelix

**[0012]** Die Helmholtz-Spulen erzeugen ein Magnetfeld mit einer zentralen Magnetfeldlinie und mit umgebenden exzentrischen Magnetfeldlinien. Mit einem radialen Abstand zu dem Plasmagefäß sind die Helmholtz-Spulen konzentrisch und quer zu der zentralen Magnetfeldlinie angeordnet und folgen in regelmäßigen Intervallen dem der Verlauf Doppelhelix. In den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix induzieren die Helmholtz-Spulen eine jeweils gleich große Lorenzkraft, sodass die exzentrischen Magnetfeldlinien in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens gezwungen sind, sich als eine Schar kongruenter Kurven mit

analogen Scheitel- und Verbindungspunkten in gewundenen Endlosschleifen um die zentrale Magnetfeldlinie zu winden, sodass die Umlaufbahnen von Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  in beiden Hälften der Endlosschleifen und in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens jeweils gleich lang sind. Die zentrale Magnetfeldlinie ist von einer Mehrzahl konzentrischer Schichten für die Anordnung der exzentrischen Magnetfeldlinien umgeben die jeweils vier elliptische Bögen aufweisen. Nach der Zündung des Plasmas trennen sich, ausgehend von der zentralen Magnetfeldlinie Elektronen und Protonen der schweren Isotope des Wasserstoffs voneinander, sodass innerhalb der Doppelhelix mit der von den Helmholtz-Spulen bewirkten Lorenzkraft und mit dem Eigendrehimpuls der Teilchen, sowohl die magnetodynamische Flussrichtung, als auch die Orientierung der Drehimpulsachsen und der Drehimpulsebenen der Teilchen bestimmt ist. Da die beiden Perioden einer Ringschwingung durch eine Nulllinie, zwischen einem ersten und einem dritten und/oder zwischen einem zweiten und einem vierten Verbindungspunkt der zentralen Magnetfeldlinie in zwei, jeweils spiegelbildlich zueinander angeordnete Hälften der Doppelhelix teilbar sind, bewirken die Helmholtz-Spulen in Funktionseinheit mit dem Chiasmus der Magnetfeldlinien gleiche Weglängen für die Teilchen in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix. Dabei unterscheiden sich die Ringschwingungen in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens durch schichtspezifische Frequenzen in einem Frequenzband von 30-50 Hz an der Außenseite des Plasmavolumens und bis zu mehreren Kilo Hz im Bereich der zentralen Magnetfeldlinie.

#### Das fluiddynamische Gleichgewicht des Plasmas

**[0013]** Das quantenmechanisch wirksame Induktionssystem ist immer dann verwirklicht, wenn sich der Drehimpuls von Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  in den zwei Perioden der Ringschwingung viermal umkehrt. Die spiegelsymmetrisch einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix bilden dabei zwei Perioden einer harmonischen Ringschwingung. An der Nulllinie liegen die beiden Perioden der Ringschwingung einander spiegelbildlich gegenüber, sodass jede der Magnetfeldlinien eine Endlosschleife bildet. In dem Magnetfeld der Doppelhelix wechselwirken Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  mit der von den Helmholtz-Spulen induzierten Lorenzkraft derart, dass sich ihre Drehimpulsebenen senkrecht und ihre Drehimpulsachsen parallel zu den Magnetfeldlinien ausrichten, sodass die Teilchen der magnetischen Flussrichtung folgen. Für einen dauerhaften magnetischen Plasmaeinschluss wird dabei die Bahnstabilität der Teilchen mit einem magnetodynamischen Gleichgewicht in den spiegelsymmetrisch zueinander angeordneten Hälften der Doppelhelix erreicht, indem der Spin

von Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$  in jedem der vier Halbkreis-Bögen viermal von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt, wobei sich die Drehimpulsachsen der Teilchen in den spiegelbildlichen Hälften der Magnetfeldlinien auf ihrer jeweiligen Umlaufbahn mit einer Winkelsumme von 720 Grad viermal umkehren, wobei sich die Drehimpulsachsen der Teilchen in einem Umlauf mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst drehen. Unter Einbeziehung der jeweils antipodalen Stellung der Teilchen in der Drehimpulsebene beträgt die Winkelsumme im Fall der Eigenrotation der Drehimpulsachse ebenfalls 720 Grad.

#### Die Spurtreue der Teilchen

**[0014]** Die Spurtreue der Teilchen ist eine Folge der viermaligen Umkehr der Spin-Drehrichtung jeweils zwischen einander gegenüberliegenden Verbindungspunkten der zentralen Magnetfeldlinie und sich das Drehmoment der Teilchen zwischen zwei Perioden harmonischer Ringschwingungen, jeweils in den beiden Hälften sämtlicher Magnetfeldlinien gegenseitig aufhebt. Auf diese Weise wird ein fluiddynamisches Gleichgewicht der magnetischen Kräfte innerhalb der in zwei Hälften geteilten Doppelhelix bewirkt. Der rasche Wechsel der Drehrichtung des Spins der Teilchen verhindert die Bildung gyraler Driftbewegungen aufgrund einer durch den Spin verursachten Präzession, sodass die Teilchen exakt den Magnetfeldlinien folgen und mit dem gleichen Spin-Zustand zu einem Ausgangspunkt auf der jeweiligen Umlaufbahn zurückzukehren. Für den dauerhaften Plasmaeinschluss ist die Bahnstabilität der Teilchen von entscheidender Bedeutung. Im Rahmen der Erfindung wird vorgeschlagen die zwischen zwei Perioden der Ringschwingungen eintretende viermalige Umkehr der Drehrichtung von Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$ , für die Herstellung der Bahnstabilität zu nutzen. Im Unterschied zu einem ringförmigen Plasma, bei dem den Teilchen viel Zeit gegeben wird gyrale Driftbewegungen zu entwickeln um die durch die vorgegebene Spur der Magnetfeldlinien zu verlassen, nutzt die Erfindung die Kreiselwirkung der Teilchen für die Herstellung ihrer Bahnstabilität. Innerhalb des von den Helmholtz-Spulen bewirkten helikalen Magnetfelds verhalten sich die Teilchen als Quantenobjekte wie Kreisel, die auf ihren jeweils von vier Bögen gebildeten orbitalen Umlaufbahnen innerhalb von zwei Perioden der Ringschwingungen jeweils viermal ihre Drehrichtung wechseln. Damit gleichen sich die gegensinnig wirksamen Drehimpulse der Teilchen in beiden Hälften der Doppelhelix aus, sodass Störungen der Schichtstruktur des Magnetfelds unterbleiben und die Energieeinschlusszeit dem Lawson Kriterium entsprechend mit einem vergleichsweise schlanken Querschnitt des Plasmavolumens erfüllbar ist. Bei Umlauffrequenzen von 50 bis zu mehreren Kilo Hz wird den Teilchen keine Zeit gegeben, durch gyrale Drift die von den Magnet-

feldlinien vorgegebene Spur zu verlassen. Deshalb erfüllt die Doppelhelix des Magnetfelds, ihrer Aufgabe entsprechend, die Funktion eines quantenmechanisch wirksamen Induktionssystems zur Herstellung eines dauerhaften Plasmaeinschlusses in dem Plasmagefäß eines Fusionsreaktors.

#### Das Wärmeübertragungssystem des Plasmagefäßes

**[0015]** Das Plasmagefäß des erfindungsgemäßen Fusionsreaktors weist eine zweischalige Doppelhelix auf und ist als eine Endlosschleife ausgebildet. Die jeweilige Größe des Plasmagefäßes ist mit der Angabe des Radius der zentralen Magnetfeldlinie um den Mittelpunkt des Fusionsreaktors sowie mit der Angabe eines äußeren und eines inneren Radius des Plasmagefäßes definierbar. Eine Vielzahl von Magnetfeldlinien definiert die Umlaufbahn und die magnetdynamische Flussrichtung des Plasmavolumens, das mit einem konstanten radialen Abstand zu dem Mittelpunkt und mit einem Abstand zu der konkaven Innenschale des Plasmagefäßes den Mittelpunkt des Fusionsreaktors umrundet. In einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung ist die zentrale Magnetfeldlinie des Plasmavolumens von dem Mittelpunkt immer gleich weit entfernt und kann deshalb als eine Endlosschleife auf der Oberfläche einer virtuellen Sphäre liegen. Der Querschnitt des Plasmagefäßes ist entweder kreisförmig oder oval ausbildbar. Die Helmholtz-Spulen sind mit einem radialen Abstand zu dem Plasmagefäß und lotrecht zu einer Kreistangente des inneren und äußeren Umfangs des Plasmagefäßes angeordnet. Mit einer magnetisch bewirkten Distanz zu der Innenschale folgt das Plasmavolumen auf seiner Umlaufbahn dem jeweiligen Querschnitt der Plasmakammer. Für die Übertragung der aus der Kernfusion freigesetzten Wärmeenergie auf ein Wärme-trägerfluid ist die zweischalige, berippte Wärmeträgerhelix mit einer Innenschale und mit einer Außenschale ausgebildet, wobei ein Kreislaufsystem für ein zweiphasiges Wärmeträgerfluid, Wasser z.B., zwischen einer von der berippten Wärmeträgerhelix gebildeten Wärmequelle und einer von einem Nutzsyst. gebildeten Wärmesenke vorgesehen ist. Die beiden Schalen der berippten Wärmeträgerhelix sind durch radiale Flanschverbindungen biege-, schub- und torsionssteif untereinander verbunden. Im Rücklauf von einer Wärmesenke wird Wasser an einem unteren Eingang der Wärmeträgerhelix zu einer dem Plasmavolumen zugewandten und von der Innenschale des Plasmagefäßes gebildeten Wärmequelle geleitet und verlässt, als vorgespanntes Wasser, an einem oberen Ausgang die Wärmeträgerhelix um z.B. den Vorlauf einer Heißdampfturbine zu bilden, die eine Wärmesenke ist. Die Gefäßmodule der berippten Wärmeträgerhelix weisen dampf- und wasserdichte Durchbrüche für ein Injektionssystem auf, das für eine kontinuierliche Nachfuhr des von Deuterium

und Tritium gebildeten Brennstoffs des Fusionsreaktors vorgesehen ist und durch den Einschluß von Neutralteilchen auch der Plasmaheizung dient. Die Innen- und die Außenschale, zusammen mit den Längsrippen der Wärmeträgerhelix, übertragen die von der Wärmequelle - dem Plasmavolumen - auf das Plasmagefäß abgestrahlte Wärme auf das Wärmeträgerfluid. Die Längsrippen zwischen der Innenschale und der Außenschale des Plasmagefäßes können in sich verwundenen ausgebildet werden, sodass das Wärmeträgerfluid in einer Spirale von dem unteren Eingang zu dem oberen Ausgang geleitet wird und eine möglichst große Oberfläche der Wärmeträgerhelix für die konvektive Übertragung der Wärme aus dem Fusionsprozess auf das Wärmeträgerfluid zur Verfügung steht. Ein Abstand zwischen der wärmeabgebenden Innenschale der Wärmeträgerhelix und dem wärmeaufnehmenden Wärmeträgerfluid ist bei der Wärmeträgerhelix nicht vorhanden, sodass der Temperaturgradient zwischen der Oberflächentemperatur des Plasmagefäßes und der Temperatur des Kühlwassers unmittelbar von der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  [W/(mxK)] und der Dicke der Innenschale des Plasmagefäßes abhängt, wobei die innenseitig vergrößerte Oberfläche der Wärmeträgerhelix die Wärmeübertragung auf das Wasser begünstigt. Dabei sind identisch ausbildbare und durch die Längsrippen ausgesteifte Gefäßmodule mit geschraubten oder geschweißten Flanschverbindungen biege-, schub- und torsionssteif sowie druck- und dampfdicht verbindbar. Für die Erzeugung von Strom im kraftwerkstechnischen Maßstab besteht die Wärmesenke aus einer Dampfturbine und einem Kühlturm, während für die Fernwärmeversorgung eines Stadtquartiers der Heißdampf in Heizspiralen kondensiert, sodass die in der Kernfusion gewonnene Wärme unmittelbar in ein Fernwärmenetz eingespeist werden kann. Stahllegierungen, die sich durch eine fehlende Magnetisierbarkeit, eine hohe Festigkeit und Beständigkeit gegen Korrosion und insbesondere gegen Meerwasser auszeichnen, sind als U-Boot-Stahl bekannt und deshalb auch ein geeigneter Werkstoff für die Herstellung des zweischaligen Plasmagefäßes. Die vergleichsweise geringe Wärmeleitfähigkeit von nur 15 [W/(mxK)] des austenitischen Stahls kann durch eine Legierung mit Aluminium deutlich verbessert werden. Die Legierung von Eisen, Chrom und Aluminium als einem elektrothermischen Legat erhöht den Temperaturkoeffizienten und verringert damit den Wärmewiderstand der Stahllegierung. Eine nanostrukturierte, dem Plasmavolumen zugewandte Oberfläche an der Innenschale des Plasmagefäßes erhöht den Absorptionsgrad der von dem Plasma emittierten Wärmestrahlung. Im Rahmen der Erfindung wird für die Innenschale des Plasmagefäßes eine Dotierung mit Lithium in Kombination mit einer hochtemperaturbeständigen Beschichtung mit schwarzem Pulverlack, einer schwarze Emaillierung oder einer keramische Beschichtung mit Siliciumkarbid

vorgeschlagen, sodass die Neutronenemission des Plasmas für die Erbrütung von radioaktivem Tritium genutzt werden kann.

#### Das Heizsystem für das Plasmavolumen

**[0016]** Für das Aufheizen des Plasmas und die Aufrechterhaltung der für die Kernfusion notwendigen hohen Temperatur ist das konzertierte Zusammenwirken der nachfolgend aufgeführten Teilsysteme des Fusionsreaktors erforderlich. An erster Stelle sind hier die Helmholtz-Spulen zu nennen, deren Magnetfeld eine magnetische Kompression bewirkt, die Druck und Temperatur in dem Plasmavolumen erhöht. Das im Querschnitt vorzugsweise kreisrund ausgebildete Plasmagefäß kann mit seinem zweisechaligen Aufbau diesem Druck besonders gut widerstehen, sodass das Plasma in Richtung der zentralen Magnetfeldlinie komprimiert wird. Diese Plasmakompression verringert den Abstand zwischen den Protonen von Deuterium und Tritium und trägt damit dazu bei, die elektrische Abstoßung zwischen den Protonen, die sogenannte Coulomb-Barriere, zu überwinden. Dabei folgen die Protonen auf den von Endlosschleifen gebildeten Magnetfeldlinien der magnetodynamischen Flussrichtung des Plasmas und werden auf eine Geschwindigkeit von 1000 km/s beschleunigt. Die Erhöhung der Temperatur reicht jedoch nicht aus, um in dem Plasmavolumen die für die Zündung des Plasmas erforderliche Temperatur von mindestens einhundert Millionen Grad Celsius herzustellen. Eine Mehrzahl unterschiedlicher Mikrowellenröhren bilden ein externes Heizsystem des Fusionsreaktors, wobei die Mikrowellenröhren eine Heizleistung von zehn bis zwanzig Megawatt und Radiowellenröhren weitere vier bis acht Megawatt zu der Heizleistung beitragen und damit die Gastemperatur weiter erhöhen. Den Löwenanteil der Heizleistung liefert das Injektionssystem für Neutralteilchen, das je nach Größe des Fusionsreaktors mit zwanzig bis vierzig Megawatt zu der für das Erreichen der Zündtemperatur erforderlichen Heizleistung beiträgt und zudem mit einer kontinuierlichen Nachfuhr von Neutralteilchen den Brennstoff für eine zeitlich unbegrenzte Kettenreaktion liefert. Eine Mehrzahl von Mikrowellenröhren, deren Längsmittelachsen zwischen den Helmholtz-Spulen auf den Mittelpunkt des Fusionsreaktors ausgerichtet sind, kann alternativ zu dem in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung zwischen einem äußeren Raumfachwerk eines von einer Doppelhelix gebildeten Tragsystems angeordnet werden. Der Begriff Oszillator betrifft ein Gyrotron für Radiowellen im Frequenzbereich von 140 GHz ebenso wie ein Klystron, das eine Elektronenröhren in der Hochfrequenztechnik bezeichnet. Diese summarisch als Mikrowellenröhren bezeichneten Oszillatoren übertragen außerhalb des Plasmagefäßes erzeugte hochfrequente elektromagnetischen Wellen, jeweils durch ein Fenster in dem zweisechaligen

Plasmagefäß auf die elektrisch geladenen Teilchen des Plasmas. Die Kollision der unterschiedlichen Teilchen erhöht dabei die Temperatur in dem Plasmavolumen, unabhängig davon, ob die Energie zunächst auf die positiv oder negativ geladenen Teilchen des Plasmas übertragen wird. Das Heizsystem des erfindungsgemäßen Fusionsreaktors weist eine Mehrzahl von Mikrowellenröhren auf, die ein röhrenförmiges Tragprofil mit einer auf den Mittelpunkt ausgerichteten Längsmittelachse haben und jeweils zwischen den Helmholtz-Spulen mit einem Modul des Plasmagefäßes in einer redundanten Anzahl verbindbar sind. Das röhrenförmige Tragprofil ist in dem zweisechaligen Plasmagefäß kraftschlüssig verankert und hat an seinem dem Plasmavolumen zugewandten Ende ein mit Silikonöl gekühltes Isolierglasfenster, sodass die elektromagnetische Energie der Mikrowellen unmittelbar auf das in dem Plasmagefäß eingeschlossene und zu beheizende Plasmavolumen übertragen werden kann. Mit der auf den Mittelpunkt des Fusionsreaktors zentrierten Anordnung kann eine Überzahl von Mikrowellenröhren mit dem Plasmagefäß verbunden werden, um mit einem Wechselbetrieb der Mikrowellenröhren das Aufheizen des Plasmas bis zum Erreichen der Zündtemperatur zu beschleunigen.

#### Das Kühlsystem für die Supraleitung der Helmholtz-Spulen

**[0017]** Jeweils zwei bis sechs supraleitende Helmholtz-Spulen sind quer und konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie in regelmäßigen Abständen zueinander angeordnet und den einzelnen Gefäßmodulen zugeordnet, wobei der Abstand der Spulen zueinander durch eine regelmäßige Unterteilung der zentralen Magnetfeldlinie und auch durch Radien und entsprechende Einbauwinkel in Bezug auf den Mittelpunkt des Fusionsreaktors definierbar ist. Stromleiter aus Niob-Titan werden mit flüssigem Helium auf eine Temperatur von - 270 Grad Celsius abgekühlt. Bei dieser tiefen Temperatur sind die Stromleiter supraleitend, sodass Gleichstrom mit 130 Kilovolt Hochspannung weitgehend ohne Widerstand durch die Spulen fließt. Die Spulen sind allseitig von einem Kryostat umgeben und durch ein Hochvakuum gegenüber der Außenschale des Plasmagefäßes isoliert, sodass die unmittelbare räumliche Nachbarschaft von Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt auf Seiten der Spulen und Temperaturen von 100-400 Millionen Grad Celsius innerhalb des in dem Plasmagefäß eingeschlossenen Plasmas ermöglicht wird.

#### Das Tragsystem des Fusionsreaktors

**[0018]** Das selbsttragende Tragsystem des Fusionsreaktors nutzt die Tragfähigkeit der einzelnen Systemkomponenten, wie die der zweisechaligen Wärmeträgerhelix des Plasmagefäßes, als einem

Ringträger und die der radial auf den Mittelpunkt des Fusionsreaktors ausgerichteten Tragprofile der Mikrowellenröhren als Druck- und Zug- Stäbe für ein Raumbauwerk, wobei die Lasten auf einen zentralen Hohlkugelnknoten und zentrale Stützen konzentriert in über ein Maschinenfundament in einen tragfähigen Baugrund geleitet werden können. Dem Gedanken eines elementierten Bausystems für den Zusammenbau des Fusionsreaktor entspricht eine nicht näher dargestellte Doppelhelix, bei der das zweischalige Plasmagefäß über die Tragprofile der Mikrowellenröhren jeweils mit einer äußeren und einer inneren Gitterschale verbunden ist, sodass eine mehrlagige Doppelhelix gebildet wird. Dabei dient eine äußere Gitterschale als Montagerahmen für modular aufgebaute Komponenten des Kühlsystems der Helmholtz-Spulen. Die Elementierbarkeit der Konstruktion ist Voraussetzung für eine weltweit mögliche und Montage und rasche Inbetriebnahme von entsprechenden Fusionskraftwerken an geeigneten Standorten. Die industrielle Vorfertigung mit typisierten Knotenpunkten zwischen den vorgefertigten Elementen und Baugruppen kennzeichnen Aufbau und Montage des vorgeschlagenen Bausystems.

#### Injektion und Extraktion an dem Fusionsreaktor

**[0019]** Der Einschuss von Atomen oder Molekülen in ein bereits aufgeheiztes, magnetisch eingeschlossenes Plasma wird als Neutral-Ioneninjektion bezeichnet. Innerhalb des Plasmas werden dabei die Atome ionisiert, wobei sie den von den Helmholtz-Spulen erzeugten Magnetfeldlinien auf den Endlosschleifen folgen. Da die ionisierten Atome und Moleküle permanent mit den bereits im Plasma vorhandenen positiv und negativ geladenen Teilchen zusammenstoßen, heizt sich das Plasma weiter auf, sodass die Kettenreaktion der Kernfusion fortgesetzt werden kann solange genügend Kollisionspartner in dem Plasma vorhanden sind. Elegant an diesem Injektionsverfahren ist, dass die Neutralionen aus Deuterium- und Tritium-Atomen bestehen, die einerseits durch ihre Ionisierung das Plasma aufheizen und andererseits als positiv geladene Protonen den Brennstoff für die Kernfusion -just in time- nachliefern. Ein Injektionsverfahren bei dem sogenannte Pellets eine tiefgefrorene Mischung aus Deuterium und Tritium enthalten und können während der Kernfusion mit einer Geschwindigkeit von 1000m/s in das Plasmagefäß injiziert werden. Die Pellets haben eine Masse von nur 1 mg und werden mittels einer Zentrifuge oder einer Gaskanone auf 1000 km/s beschleunigt. Da jede der vier Baugruppen des erfindungsgemäßen Fusionsreaktors mit einem Injektionssystem verbindbar ist, kann die räumliche Verteilung und jeweilige Dichte des Plasmas mit diesem Verfahren über Geschwindigkeit und Ort der Injektion gut kontrolliert und gesteuert werden. Das in der Verschmelzung der Kerne von Deuterium und Tritium gebildete Helium wird am unteren Ende des Plasma-

gefäßes extrahiert und in einem externen Gasbehälter gesammelt.

#### Das Bausystem und Anwendungen für den Fusionsreaktor

**[0020]** Für die serielle Fertigung und den Aufbau des Fusionsreaktors wird ein skalierbares Bausystem vorgeschlagen, das von gleichen Gefäßsegmenten für das Plasmagefäß, von einem modular aufgebauten Kühlsystem für die Helmholtzspulen, von einem aus Mikrowellenröhren bestehenden Heizsystem für das Plasma, aus einem Wärmeübertragungssystem für die Übertragung der Wärme aus dem Plasma auf ein Nutzsysteem, einem Tragsystem für das Plasmagefäß und einem Injektionssystem für Deuterium als Brennstoff für die Kernfusion gebildet wird. Dabei kann der Durchmesser des Plasmagefäßes minimal 0,5 bis maximal mehreren Meter betragen, sodass der Fusionsreaktor einschließlich seines Energieversorgungssystems, und eines von einer Turbine gebildeten Konversionssystems sowohl terrestrisch als auch orbital stationierbar, und auch als Antriebsaggregat für ein Fahrzeug und insbesondere für ein Wasserfahrzeug ausbildbar ist. Mit dem erfindungsgemäßen, quantenmechanisch wirksamen Induktionssystem ist ein fluiddynamisches Gleichgewicht innerhalb des Magnetfelds eines Fusionsreaktors herstellbar, sodass Protonen von Deuterium und Tritium bei Temperaturen von 100 bis 400 Millionen Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1000 km/s kollidieren, und bei stetiger Nachfuhr von Brennstoff, in einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion ohne zeitliche Begrenzung zu Helium fusionieren können, wobei im Vergleich zu einer exothermen, chemischen Reaktion eine Million Mal mehr thermische Energie freigesetzt wird.

**[0021]** Weitere vorteilhafte Ausführungsvarianten und Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Figuren hervor.

**[0022]** Es zeigen:

**Fig. 1** oben den Fusionsreaktor in einer perspektivischen Ansicht, in der Mitte das Plasmavolumen im Querschnitt und eine Ringschwingung mit zwei Perioden in der Abwicklung, unten eine Aufsicht des Plasmavolumens mit Darstellung der Nulllinie für die Ringschwingungen in der Aufsicht,

**Fig. 2** das Plasmavolumen des Fusionsreaktors nach **Fig. 1**, oben mit einer ersten Möglichkeit der Anordnung der Nulllinie zwischen zwei spiegelsymmetrischen Hälften des Plasmavolumens, unten mit einer zweiten Möglichkeit der Anordnung der Nulllinie zwischen zwei spiegelsymmetrischen Hälften des Plasmavolumens, jeweils in einer Schnittperspektive,

**Fig. 3** das Plasmavolumen des Fusionsreaktors nach **Fig. 1-2**, oben mit fünf exemplarischen Magnetfeldlinien im schematischen Querschnitt, unten zwei Perioden der Ringschwingungen von fünf exemplarischen Magnetfeldlinien in der perspektivischen Darstellung,

**Fig. 4** die Ringschwingungen des Fusionsreaktors nach **Fig. 1-3**, rechts mit vier exemplarischen Schichten des Plasmavolumens im schematischen Querschnitt, links vier schichtspezifische Perioden der Ringschwingungen in der Abwicklung,

**Fig. 5** oben das Plasmavolumen nach **Fig. 1-4** mit Darstellung einer exemplarischen Magnetfeldlinie an der äußeren Oberfläche in der Perspektive, unten den Fusionsreaktor mit Darstellung der einzelnen Baugruppen und Systeme in der perspektivischen Ausschnittsdarstellung,

**Fig. 6** ein exemplarisches Gefäßmodul des Fusionsreaktors nach **Fig. 1-5** in einem perspektivischen Übersichtsschnitt,

**Fig. 7** die Wärmeträgerhelix des Fusionsreaktors nach **Fig. 1-6**, oben und unten jeweils in einer Schnittansicht,

**Fig. 8** das Plasmavolumen des Fusionsreaktors nach **Fig. 1-7**, oben mit Darstellung von Elektronen und Protonen im schematischen Ausschnitt und unten mit fünf exemplarischen Magnetfeldlinien in perspektivischer Darstellung,

**Fig. 9** den Fusionsreaktor nach **Fig. 1-8** mit Darstellung verdrehter exzentrischer Magnetfeldlinien des Plasmavolumens in einer Ausschnittsperspektive,

**Fig. 10** erläutert das Sphärenmodell der Doppelhelix, oben in einer Übersichtsometrie und unten in einem schematischen Querschnitt mit Darstellung der jeweils gleichen Radien virtueller Sphären für die Anordnung der Magnetfeldlinien in der schematischen Schnittansicht.

#### Ausführliche Figurenbeschreibung

**[0023] Fig. 1** oben zeigt den Fusionsreaktor 1 für einen stationären magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens 2 in einem von einer Doppelhelix 3 gebildeten Magnetfeld mit Magnetfeldlinien  $m1-mn$ , mit einem von einer Wärmeträgerhelix 21 gebildeten Plasmagefäß 20, mit der zentralen Magnetfeldlinie  $m1$  des Plasmavolumens 2, mit einem Heizsystem 4 für das Plasmavolumen 2, mit einem Kühlsystem 5 für eine Mehrzahl von Helmholtz-Spulen  $Q1-Qn$ , die quer zu der magnetodynamischen Flussrichtung  $F$  des Plasmavolumens 2 angeordnet sind, mit einer hydraulischen Struktur 6 für die Übertragung von Wärme von einer Wärmequelle 60 zu einer Wärmesenke, mit einem Tragsystem 7 für das Plasmagefäß 20, sowie mit einem Injektionssystem 8

für die Nachfuhr von Deuterium und Tritium als Brennstoff für die Kernfusion. In der Mitte links ist der Schichtaufbau des Plasmavolumens 2 in einem schematischen Querschnitt mit fünf exemplarischen Schichten  $L1-L5$  dargestellt. In der Mitte rechts ist die Abwicklung einer sphärischen Ringschwingung mit zwei Perioden  $T, T'$  der der Magnetfeldlinie  $m1$  im heißen Zentrum des Plasmavolumens 2 dargestellt. Die Ringschwingung hat eine Elongation  $E$ , eine Amplitude  $A$  eine Frequenz  $f1$  im Frequenzband von mehreren Kilo Hz auf der Zeitachse  $t$ , die auch die Nulllinie 0 der Ringschwingung bildet. Die Aufsicht unten zeigt den Chiasmus  $X$  der Magnetfeldlinien  $m1$  mit dem Radius  $r1$  um den Mittelpunkt  $M1$  im heißen Zentrum des Plasmavolumens 2, und den Chiasmus  $X$  einer Magnetfeldlinien  $m5$  an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2, die mit dem Radius  $r1$  um den exzentrischen Mittelpunkt  $M5$  angeordnet ist. Die Nulllinie 0 der Ringschwingungen verläuft zwischen den Verbindungspunkten  $J1$  und  $J3$  der aus vier Halbkreis-Bögen  $B1-B4$  aufgebauten zentralen Magnetfeldlinie  $m1$ , die mit einem Radius  $r1$  um den Mittelpunkt  $M1$  des Fusionsreaktors 1 angeordnet ist. An der Außenseite des Plasmavolumens 2 ist als ein Beispiel aus einer Schar kongruenter Bögen  $B'$  die bezüglich der zentralen Magnetfeldlinie  $m1$  exzentrische Magnetfeldlinie  $m5$  dargestellt. Als sphärische Ringschwingung mit zwei Perioden  $T, T'$  umrundet die Magnetfeldlinie  $m5$  den Mittelpunkt  $M$  des Fusionsreaktors 1 auf einer orbitalen Umlaufbahn  $U$  und wechselt dabei an den Verbindungspunkten  $J1-J4$  jeweils von der Außenseite auf die Innenseite des Plasmavolumens 2 und umgekehrt, sodass in beiden Hälften der sphärischen Ringschwingungen gleiche Weglängen  $g, g'$  für die Kerne von Deuterium und Tritium und für freie Elektronen resultieren, wobei die in **Fig. 8** dargestellte Drehimpulsachse  $\alpha$  der genannten geladenen Teilchen (+, -) mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  parallel zu den exemplarisch dargestellten Magnetfeldlinien  $m1, m5$  ausgerichtet ist und mit einer vierfachen Umkehr der Drehrichtung der Teilchen, wie **Fig. 8-10** dargestellt, ein fluiddynamischer Gleichgewichtszustand der Kräfte in dem Plasmavolumen 2 herstellbar ist, der die Bahnstabilität für die Teilchen (+, -) ermöglicht. Das in **Fig. 5-7** näher dargestellte Wärmeübertragungssystem 6 weist einen Kreislauf für ein bevorzugt aus Wasser bestehendes zweiphasiges Wärmeträgerfluid 22 auf, das im Rücklauf von einer Wärmesenke an einem unteren Eingang 61 der Wärmeträgerhelix 21 als mit Frischwasser angereichertes Kondensat in die zwischen der Innen- und der Außenschale 23, 24 des Plasmagefäßes 20 angeordnete berippte Wärmeträgerhelix 21 eingeleitet wird und an einem oberen Ausgang 62 die Wärmeträgerhelix 21, im Vorlauf zu einer von einer Dampfturbine mit Kühlturm gebildeten Wärmesenke wieder verlässt, wobei das Wasser kontinuierlich, die von dem Plasmavolumen 2 als Wärmequelle 60 auf die Innenschale 23 des Plasmagefäßes 20 abgestrahlte Wärme ableitet und einem Nutzsyst

als Wärmesenke zuführt, sodass kondensiertes Wasser in einem Kreislauf an dem unteren Eingang 61 erneut zu der, das Plasmavolumen 2 als Wärmequelle 60 vollflächig umgebenden, berippten Wärmeträgerhelix 21 strömt.

**[0024]** Fig. 2 zeigt in zwei Perspektiven zwei alternative Positionen für Nulllinien 0,0' innerhalb einer sphärischen Ringschwingung mit zwei Perioden T,T', die das Plasmavolumen 2 jeweils in zwei jeweils spiegelbildlich zueinander angeordnete Hälften teilen. Oben ist die Nulllinie 0 zwischen den Verbindungspunkten J1 und J3 der zentralen Magnetfeldlinie m1 dargestellt, während unten die Nulllinie 0' zwischen den Verbindungspunkten J2 und J4 dargestellt ist. Die zentrale Magnetfeldlinie m1 ist mit dem Radius r1 um den Mittelpunkt M des Fusionsreaktors 1 angeordnet und mittels der vier Scheitelpunkte V1-V4 und der vier Verbindungspunkte J1-J4 in gleiche Weglängen für die Teilchen (+,-) unterteilt. Die Ausbildung von zwei Nulllinien 0,0' würde eine Verschiebung der Nulldurchgänge der zwei Perioden einer Ringschwingungen jeweils um eine halbe Periodenlänge bedeuten, sodass mit zwei Nulllinien 0,0' und einem viergeteilten Plasmavolumen 2 phasenverschobene Sinus- Cosinus - Ringschwingungen darstellbar sind.

**[0025]** Fig. 3 oben zeigt das Plasmavolumen 2 nach Fig. 1-2 mit vier exemplarischen Magnetfeldlinien m5 in einem schematischen Querschnitt und unten in einer perspektivischen Darstellung mit den vier exemplarischen Magnetfeldlinien m5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2. Die Nulllinie 0 trennt die beiden Perioden T,T' der auf den Magnetfeldlinien m5 geführten elektrisch geladenen Teilchen (+,-). Jede der vier dargestellten Magnetfeldlinien m5 weist eine Endlosschleife auf und erfüllt mit einander spiegelsymmetrisch gegenüberliegenden Hälften die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen g,g' in beiden Hälften der Doppelhelix 3. Zwischen den Verbindungspunkten J1-J4 und den Scheitelpunkten V1-V4 der von vier Halbkreisbögen B1-B4 gebildeten Magnetfeldlinien m1-mn wechselt der Spin s,s' regelmäßig von einem Up-Spin in einen Down-Spin, sodass sich in einer sphärischen Ringschwingung mit zwei Perioden T,T' der Eigendrehimpuls der Teilchen (+,-) viermal umkehrt und die Teilchen (+,-) auf den Magnetfeldlinien m5 dabei jeweils von der Außenseite auf die Innenseite des Plasmavolumens 2 wechseln. Dieser rasche Wechsel der Drehrichtung stellt die Spurtreue der Teilchen (+,-) her, und schafft mit einem fluiddynamischen Gleichgewicht der magnetischen Kräfte in beiden orbitalen Hälften der Doppelhelix 3 die Voraussetzung für einen dauerhaften Plasmaeinschluss. Wie in Fig. 8 gezeigt, ist die Drehimpulsachse  $\alpha$  der Teilchen mit der Spin- Quantenzahl  $1/2$  parallel zu den Magnetfeldlinien m1-mn angeordnet, und dreht sich in einem Umlauf der Teilchen (+,-) zweimal um

sich selbst, wobei der Spin s,s' viermal von einem Up-spin zu einem Downspin wechselt, sodass die ionisierten Kerne von Deuterium und Tritium, wie am Beispiel der Magnetfeldlinien m5 dargestellt, den Mittelpunkt M des Fusionsreaktors 1 auf der Umlaufbahn U in einer Ringschwingung mit zwei Perioden T,T' umrunden, um am Ausgangspunkt der Ringschwingung wieder den selben Spin-Zustand einzunehmen. Wie in Fig. 1 und Fig. 5 gezeigt, bewirkt das von zweiunddreißig Helmholtz-Spulen Q1-Q32 ausgehende Magnetfeld, dass die ionisierten Kerne von Deuterium und Tritium als Quantenobjekte wie Magnete reagieren, deren Drehrichtung sich innerhalb von zwei Perioden T,T' der Ringschwingung auf ihren jeweils von Endlosschleifen gebildeten Umlaufbahnen U1,U5 in kontinuierlichen Wellenbewegungen blitzartig umkehrt. Am Beispiel der vier Magnetfeldlinien m5 an der Außenoberfläche des Plasmavolumens 2 wird die Wirkung der Helmholtz-Spulen Q1-Qn deutlich die im Sinne gleicher Weglängen innerhalb der beiden Perioden T,T' der Ringschwingung die Verwindung der Magnetfeldlinien m5 bewirken. An den Scheitelpunkten V1-V4 erreichen die Ringschwingungen ihre maximale Elongation E5 und erfüllen wie in Fig. 4 am Beispiel von exemplarischen Schichten L2-L5 des Plasmavolumens 2 dargestellt die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen g,g' in beiden Hälften der Endlosschleifen.

**[0026]** Fig. 4 zeigt sphärische Ringschwingungen des Plasmavolumens 2 eines Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-10. Rechts ist ein schematischer Querschnitt des Plasmavolumens der Doppelhelix dargestellt, während links auf einer Zeitachse t eine Abwicklung der Ringschwingung mit zwei Perioden dargestellt ist. Die Zeitachse t zeigt von oben nach unten eine exponentielle Zunahme der Ringschwingungen, wobei an der oben dargestellten äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2 die Ringschwingung mindestens zwei Perioden T,T' mit der Frequenz f2 aufweist, wobei mit zunehmender Nähe zu der zentralen Magnetfeldlinie m1 im Zentrum des Plasmavolumens 2 Frequenz und Anzahl der Ringschwingungen zunehmen. Jeweils vier Scheitelpunkte V1-V4 und vier Verbindungspunkte J1-J4 kennzeichnen eine Ringschwingung als eine harmonische Schwingung. Die einzelnen Abwicklungen zeigen die jeweils gleichen Weglängen g,g' in den beiden Perioden T,T' einer Ringschwingung an, wobei der Spin s,s' innerhalb einer Periode T,T' jeweils zweimal seine Drehrichtung wechselt. In den vertikalen Kolonnen sind die Ringschwingungen jeweils durch den gleichbleibenden Radius r1, konstante Elongationen E, Amplituden A und Wellenlängen  $\lambda$  in den einzelnen Schichten L1-Ln des Plasmavolumens gekennzeichnet. Der Durchmesser r2 des Plasmavolumens 2 definiert einen Raum für die in jeder Schicht L1-Ln wechselnde Anordnung des jeweiligen Mittelpunkts M-N der Ringschwingungen in der jeweiligen

Schicht L1-Ln des Plasmavolumens 2. Da alle Ringschwingungen an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre mit dem Radius  $r_1$  liegen, erfüllt das vorgestellte Orbitalmodell einer Doppelhelix die mathematischen, geometrischen und topologischen Vorschriften, die an Teilchen mit der Spin-Quantenzahl  $1/2$  gestellt sind. Mit von außen nach innen zunehmenden Frequenzen  $f_2$ - $f_n$  wird den geladenen Teilchen keine Zeit gegeben, etwa unter dem Einfluss ihrer Kreiselwirkung durch Driftbewegungen von ihren durch die Magnetfeldlinien  $m_5$ - $m_2$  vorgegebenen Umlaufbahnen  $U_5$ - $U_2$  abzuweichen. Mit zunehmenden Frequenzen  $f_5$ - $f_2$  wird den geladenen Teilchen keine Zeit gegeben, etwa unter dem Einfluss ihrer Kreiselwirkung durch Driftbewegungen von ihren durch die Magnetfeldlinien  $m_5$ - $m_2$  vorgegebenen Umlaufbahnen  $U$  abzuweichen.

**[0027]** Fig. 5 zeigt den Fusionsreaktor 1 nach Fig. 1, oben mit Darstellung der zentrale Magnetfeldlinie  $m_1$  und einer exemplarischen Magnetfeldlinie  $m_5$  an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2. Zwei Nulllinien  $0,0'$ , an denen jeweils zwei Perioden  $T, T'$  einer Sinus/Kosinus Schwingung wahlweise zu einer Ringschwingung verbindbar sind, stehen auch für eine Phasenverschiebung der Sinus/Kosinus Schwingungen in den konzentrischen Schichten L1-Ln des Plasmavolumens 2, jeweils um eine halbe Periodenlänge. Wie in Fig. 2 gezeigt kann eine Nulllinie  $0,0'$  der Ringschwingungen entweder zwischen den Verbindungspunkten J1 und J3 oder zwischen den Verbindungspunkten J2 und J4 ausgebildet werden. Die zentrale Magnetfeldlinie  $m_1$  ist aus vier Kreisbögen B1-B4 aufgebaut, die jeweils an Verbindungspunkten J1-J4 zu einer Endlosschleife gefügt sind. Jeder der vier halbkreisförmigen Bögen B1-B4 weist Scheitelpunkte V1-V4 auf. Sowohl die Verbindungspunkte J1-J4 als auch die Scheitelpunkte V1-V4 liegen auf einem Radius  $r_1$  der zentralen Magnetfeldlinie  $m_1$  um den Mittelpunkt M des Fusionsreaktors 1. Die Ausschnittperspektive unten zeigt das aus sechzehn Gefäßmodulen C1-C16 aufgebaute Plasmagefäß 20, das von zweiunddreißig, jeweils radial auf den Mittelpunkt M des Fusionsreaktors 1 ausgerichteten Helmholtz-Spulen Q1-Q32 umgeben wird. Der Einschnitt in das zweischalig aufgebaute Plasmagefäß 20 zeigt die Innenschale 23 und die Außenschale 24 einer Wärmeträgerhelix 21, die von einem Wärmeträgerfluid 22 durchströmt wird. Die Wärmeträgerhelix 21 ist Teil einer hydraulischen Struktur 6 mit einem unteren Eingang 61 und einem oberen Ausgang 62 für das Wärmeträgerfluid 22. Als ein Bestandteil des Tragsystems 7 sind sechzehn Mikrowellenröhren 40 mit einem Tragprofil 41 mit dem zentralen Hohlkugelnknoten 71 mit der Wärmeträgerhelix 21 verbunden und bilden ein in sich stabiles Raumfachwerk 70, das mit Stützen 72 mit der Bodenplatte eines nicht näher dargestellten Reaktorgebäudes verbunden ist.

**[0028]** Fig. 6 zeigt den Abschnitt eines der sechzehn Gefäßmodule C1-C16 nach Fig. 1, mit Durchlassöffnungen für das zwischen der Innen- und der Außenschale 23,24 strömende Wärmeträgerfluid 22 und mit geschraubten Flanschverbindungen 26 für die Wärmeträgerhelix 21. Dem Gefäßmodul C1 sind zwei durch eine longitudinale Distanz  $d''$  voneinander beabstandete Helmholtz-Spulen Q1-Q2 zugeordnet, die mit einem Kühlsystem 5 für flüssiges Helium auf eine Temperatur von minus  $173^\circ$  Celsius abgekühlt werden, um die Supraleitung zu ermöglichen. Das Gefäßmodul C1 ist mittels einer Mikrowellenröhre 40 mit dem um den zentralen Mittelpunkt M angeordneten Hohlknoten 71 verbunden. Die Mikrowellenröhre 40 weist ein Tragprofil 41 aus Stahl mit einer Längsmittelachse  $q$  auf und bildet einen Fachwerkstab innerhalb des Raumfachwerks 70, das von der Wärmeträgerhelix 21 den Mikrowellenröhren 40 und dem Hohlknoten 71 gebildet wird. Die Umlaufbahn  $U_1$  des konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie  $m_1$  mit dem Radius  $r_1$  um den Mittelpunkt M angeordneten Plasmavolumens 2 ist durch den Radius  $r_1$  der zentralen Magnetfeldlinie  $m_1$  definiert. Der Querschnitt durch das Gefäßmodul C1 zeigt die zweischalig aufgebaute, berippte Wärmeträgerhelix 21, die einen Arbeitsraum für das von Wasser gebildete zweiphasige Wärmeträgerfluid 22 bildet. Wie in Fig. 1 und Fig. 5 gezeigt, tritt das Wärmeträgerfluid 22 als kühles Wasser, im Rücklauf von einer Wärmesenke kommend, an dem unteren Eingang 61 im Vorlauf zu der von der Innenschale 23 gebildeten Wärmequelle 60 in die Wärmeträgerhelix 21 ein, und verlässt die Wärmeträgerhelix 21 an dem oberen Ausgang 62 wieder im Vorlauf 61 zu der Wärmesenke. Dabei nehmen die durch Längsrippen 25 untereinander verbundenen Innen- und Außenschalen 23,24 der Wärmeträgerhelix 21 die von der Wärmequelle 60 - dem Plasmavolumen 2 - emittierte Wärmestrahlung auf. Das Wärmeträgerfluid 22 transportiert die durch Konvektion und Wärmeleitung aufgenommene Wärme von der Wärmequelle 60 zu einer Wärmesenke. Mit in sich verwundenen ausgebildeten Längsrippen 25 ist es möglich, sowohl die Innenschale 23 als auch die Außenschale 24 der berippten Wärmeträgerhelix 21 an der Wärmeübertragung auf das von Wasser gebildete zweiphasige Wärmeträgerfluid 22 zu beteiligen.

**[0029]** Fig. 7 zeigt ein Plasmagefäß 20, dessen Gefäßmodule C1-Cn durch geschraubte Flanschverbindungen 26 untereinander verbunden sind. Die Ansicht oben zeigt den Stoßpunkt der Flanschverbindung 26 mit Darstellung einer von Langlöchern gebildeten hydraulischen Struktur 6 zur Durchleitung des Wärmeträgerfluides 22. Ein Dichtungsring 27 stellt eine hitzebeständige, dampf- und wasserbeständige Dichtung zwischen den einzelnen Gefäßmodulen C1-Cn sicher. Die Dicke einer Mehrzahl von Schichten L1-Ln des Plasmavolumens 2 nimmt mit zunehmender Nähe zu der zentralen Magnetfeldlinie  $m_1$  ab,

was mit der Zunahme von Druck und Temperatur in dem Plasmavolumen 2 erklärbar ist. Der schematische Querschnitt weist einen radialen Abstand  $d'$  der Wärmeträgerhelix 21 zu den supraleitenden Helmholtz-Spulen Q1-Qn auf, die mit einem Vakuum N gegenüber der Wärmeträgerhelix 21 isoliert sind. Der schematische Querschnitt zeigt auch eine Mikrowellenröhre 40, deren Längsmittelachse  $q$  radial auf die zentrale Magnetfeldlinie  $m1$  des Plasmavolumens 2 ausgerichtet ist und die ein Tragprofil 41 sowie ein Fenster 42 zu dem Plasmavolumen 2 aufweist. Ein weiterer Durchbruch durch die Wärmeträgerhelix 21 betrifft das Injektionssystem 8 in schematischer Darstellung.

**[0030]** Fig. 8 zeigt am Beispiel der gestrichelt dargestellten zentralen Magnetfeldlinie  $m1$  und der vier exemplarischen exzentrischen Magnetfeldlinien  $m5$  an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2 die als Endlosschleife ausgebildete Doppelhelix 3 des Plasmavolumens 2. Wie oben gezeigt bewirkt die von den Helmholtz-Spulen ausgehende Lorentzkraft zusammen mit dem Chiasmus X der Magnetfeldlinien  $m1$ - $m5$  dass die Teilchen (+,-) in beiden Hälften der an der Nulllinie 0 spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix 3 in ihrer jeweiligen Schicht jeweils gleiche Weglängen  $g, g'$  in Flussrichtung F des Plasmavolumens 2 zurücklegen. Wie in Fig. 7 dargestellt bestimmen der Radius  $r2$  des Plasmavolumens 2 und der Gyrationradius  $r7$  der Teilchen (+,-) die Anzahl der Magnetfeldlinien  $m1$ - $m5$  und die Schichtdicke in den schlauchförmigen helikalen Schichten L1-Ln des Plasmavolumens. Stellvertretend für alle Elektronen und Protonen auf allen Magnetfeldlinien  $m1$ - $m5$  ist ein geladenes Teilchen (+,-) exemplarisch auf der Magnetfeldlinien  $m1$  dargestellt. Das Teilchen, sei es ein Elektron (-) oder ein wesentlich größerer positiv geladener Kern (+) von Deuterium oder Tritium, hat die Spin-Quantenzahl  $1/2$  und besitzt eine Drehimpulsachse  $\alpha$  mit einer Drehimpulsebene  $\beta$ . Aufgrund der Lorentzkraft ist die Drehimpulsachse  $\alpha$  des Teilchens auf den dargestellten Umlaufbahnen U1, U5 jeweils parallel zu den Magnetfeldlinien  $m1$ - $m5$  ausgerichtet und durchläuft, wie in Fig. 9 dargestellt, vier Halbkreis-Bögen B1-B4 innerhalb derer sich der Drehimpuls der Teilchen viermal umkehrt und sich die Drehimpulsachse  $\alpha$  dabei mit einem Winkel von jeweils 360 Grad zweimal um sich selbst dreht. Zwischen den Verbindungspunkten J1-J4 und den Scheitelpunkten V1-V4 kehrt sich das Drehmoment der Teilchen in der Drehimpulsebene  $\beta$ , regelmäßig um, sodass mit den beiden an der Nulllinie 0 sich spiegelbildlich gegenüberliegenden Perioden T, T' der sphärischen Ringschwingung ein fluiddynamisches Gleichgewicht der magnetischen Kräfte in dem Plasmavolumen 2 hergestellt wird. Damit erfüllt jede Umlaufbahn U1-Un eines Teilchens, die von Paul Dirac in seiner berühmten Gleichung formulierten Gesetzmäßigkeiten des Spins, die erfüllt sein müssen, damit ein Teil-

chen in einem Umlauf wieder im selben Spin-Zustand an seinen Ausgangspunkt zurückkehrt. Während die Elektronenhülle eines Atoms durch eine sphärische Fläche beschreibbar ist erfüllen die in Fig. 1-7 vorgestellten helikalen schlauchförmigen Flächen in analoger Weise die im Fall eines Atoms eingehend untersuchten Aufenthaltswahrscheinlichkeiten für ein Elektron der Elektronenhülle. Der durch die Lorentzkraft angeregte Spin  $s, s'$  der Teilchen trägt wesentlich zu der Beheizung des Plasmas bei und stärkt durch den vierfachen Wechsel seines Drehmoments die Bahnstabilität der Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$ .

**[0031]** Fig. 9 zeigt das Plasmavolumen 2 des Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-8, bei dem die zentrale Magnetfeldlinie  $m1$  vier Halbkreis-Bögen B1-B4 mit dem Radius  $r1$  aufweist, während die exzentrischen Magnetfeldlinien  $m2$ - $m5$  die äußere Oberfläche des Plasmavolumens 2 eine Schar verwunderlicher, elliptischer Bögen (B'1-B'4) aufweist, die in den beiden Hälften der Doppelhelix 3 jeweils gleich lang sind. Da die induzierte Lorentzkraft in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix 3 gleich groß ist, stellt sich die Verwindung der exzentrischen Magnetfeldlinien  $m2$ - $m5$  ohne weiteres Zutun von selbst ein, sodass in beiden Hälften der Doppelhelix 3 ein magnetodynamisches Gleichgewicht des Plasmavolumens 2 mit der Flussrichtung F herstellbar ist. Vier Verbindungspunkte J1-J4 unterteilen die Magnetfeldlinie  $m1$  in vier gleiche Bögen (B1-B4), wobei die exzentrischen Magnetfeldlinien durch analoge Verbindungspunkte ebenfalls in vier gleich lange elliptische Bögen (B'1-B'4) unterteilt sind in denen der Spin  $s, s'$  jeweils von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt. Dabei wird die vierfache Umkehr des Eigendrehimpulses der Teilchen für den Erhalt ihrer Bahnstabilität genutzt. Mit diesem quantenmechanisch wirksamen Induktionssystem für das Magnetfeld eines Fusionsreaktors kann die Bildung gasdynamischer Unregelmäßigkeiten in dem Schichtgefüge des Plasmavolumens 2, die mit einem unerwünschten Wärmetransport quer zur magnetischen Flussrichtung F die Energieeinschlusszeit verkürzt, verhindert werden. Deshalb erscheint es nicht nötig im Sinne einer besseren Wärmedämmung, den Umfang des Plasmavolumens 2 zu erhöhen. Bereits mit einem Durchmesser von vierzig Zentimetern des Plasmagefäßes kann ein Plasma gezündet werden und der Fusionsvorgang als Kettenreaktion in Gang gesetzt werden.

**[0032]** Fig. 10 zeigt mit Bezug auf Fig. 8 und Fig. 9 die geometrische Ordnung des von einer Doppelhelix 3 gebildeten Magnetfelds mit Darstellung von fünf repräsentativen Magnetfeldlinien  $m1, m5$  die jeweils auf einer virtuellen Sphäre mit dem Radius  $r1$  liegen.

**[0033]** Während die zentrale Magnetfeldlinie  $m1$  mit dem Radius  $r1$  um den zentralen Mittelpunkt M1

angeordnet ist, sind vier repräsentative Magnetfeldlinien  $m_5$  an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2 jeweils mit dem Radius  $r_1$  um vier exzentrische Mittelpunkte  $M_5$  angeordnet. Die Magnetfeldlinie  $m_1$  ist durch die Verbindungspunkte  $J_1$ - $J_4$  und die Scheitelpunkte  $V_1$ - $V_4$  in acht gleiche Abschnitte und in vier jeweils gleiche Bögen  $B_1$ - $B_4$  unterteilt. Die exzentrischen Magnetfeldlinien  $m_1$ - $m_n$  sind durch analoge Verbindungs- und Scheitelpunkte in vier elliptische Bögen  $B'_1$ - $B'_4$  unterteilt, die an der Oberfläche virtueller Sphäre mit dem Radius  $r_1$  liegen. Dies gilt sowohl für die vier gezeigten exzentrischen Magnetfeldlinien  $m_5$  an der Außenseite des Plasmavolumens 2 als auch für die in **Fig. 7** gezeigten konzentrisch um die Magnetfeldlinie  $m_1$  angeordneten exzentrischen Magnetfeldlinien  $m_2$ - $m_n$  in den einzelnen Schichten  $L_1$ - $L_n$  des Plasmavolumens 2. Eine virtuelle Kugel mit dem Radius  $r_2$  des Plasmavolumens 2 ist konzentrisch zu dem zentralen Mittelpunkt  $M_1$  der zentralen Magnetfeldlinie  $m_1$  angeordnet, wobei die exzentrischen Magnetfeldlinien  $m_5$  an der Oberfläche virtueller Sphären mit dem Radius  $r_1$  angeordnet sind und innerhalb einer virtuellen Kugel um den zentralen Mittelpunkt  $M_1$  oszillieren. Die sogenannte Poincaré-Gruppe, in der die Lorentz-Transformation sowie Translations- und Rotationsbewegungen zusammengefasst sind, schafft die mathematischen Voraussetzungen zur Erläuterung der Spin-Eigenschaften von Teilchen mit der Quantenzahl  $1/2$ , sodass die hier schematisch gezeigte Oszillation der Sphären mit dem Orbitalmodell einer Sphäre vereinbar ist. Das in konzentrischen Schalen geordnete Magnetfeld der Doppelhelix 3 steht deshalb im Einklang mit den genau untersuchten Bewegungsregeln und Vorschriften fundamentaler Fermionen, die am Beispiel einer Sphäre sehr genau untersucht und beschrieben sind. Somit kann gezeigt werden, dass auch das hier vorgestellte orbitale Schalenmodell der Doppelhelix mit den nur schwer vorstellbaren Eigenschaften der Fermionen in Einklang steht.

#### Bezugszeichenübersicht

1	Fusionsreaktor
2	Plasmavolumen
20	Plasmagefäß
21	Wärmeträgerhelix
22	Wärmeträgerfluid
23	Innenschale
24	Außenschale
25	Längsrippen
26	Flanschverbindung
27	Dichtungsring
3	Doppelhelix

4	Heizsystem
40	Mikrowellenröhre
41	Tragprofil
42	Fenster
5	Kühlsystem
6	Wärmeübertragungssystem
60	Wärmequelle
61	Eingang
62	Ausgang
7	Tragsystem
70	Raumfachwerk
71	Hohlkugelnknoten
72	Stütze
8	Injektionssystem
+, -	Teilchen
A1-An	Amplituden
$\alpha$	Drehimpulsachse
$\beta$	Drehimpulsebene
B, B'	Bögen
C1-Cn	Gefäßmodule
d, d', d''	Distanz
E	Elongation
F	Flussrichtung
f2-fn	Frequenz
g, g'	Weglängen
J1-J4	Verbindungspunkte
L1-Ln	Schichten
$\lambda$	Wellenlänge
m1-mn	Magnetfeldlinie
M1-Mn	Mittelpunkt
N	Vakuum
Q1-Qn	Helmholtz-Spulen
q	Längsmittelachse
T, T'	Perioden
r1-r7	Radien
s, s'	Spin
t	Zeitachse
U1-Un	Orbitale Umlaufbahnen
V1-V4	Scheitelpunkte
X	Chiasmus

0,0'

Nulllinie

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Paul Dirac: The principles of quantum mechanics, Oxford 1958, ISBN 0-19-85211-5 [0006]
- Stephen Hawking (Hrsg.): Eine kurze Geschichte der Zeit (aus dem Englischen von Hainer Kober), 23. Aufl. Hamburg 2018 [0006]
- G. S. Goudsmit, G. E. Uhlenbeck: Spinning Electrons and the Structure of Spectra, in: Nature. Bd. 117, 1926, S. 264-265 [0006]
- Max Jammer: The Conceptual Development of Quantum Mechanics, McGraw-Hill, New York 1966, S. 150 [0006]
- Lyman Spitzer Jr: The Stellarator Concept, in: Physics of Fluids, Jg. 1958, Volume 1, Issue 4, p.253-264 [0006]
- Marc Ganzhorn/ Svetlana Klyatskaya/ Mario Ruben/ Wolfgang Wernsdorfer: Quantum Einstein-de Haas effect, in: Nature Communications, Bd.7, Art.Nr.11443, 2016 [0006]
- Hartmut Zohm: Urknall, Weltall und das Leben, veröffentlicht 5.3.23, YouTube-Link: <https://www.youtube.com/watch?v=19bEPuPYPgo> [0006]
- S. Krause, G. Herzog, A. Schlenhoff, A. Sonntag, and R. Wiesendanger: Joule Heating and Spin-Transfer Torque Investigated on the Atomic Scale Using a Spin-Polarized Scanning Tunneling Microscope, Phys. Rev. Lett.107, 186601 - Published 27 2011 [0006]
- Henri Poincaré: Sur la dynamique de l'électron. In: Rendiconti del Circolo matematico di Palermo. Band 21, 1906, S. 129-176 [0006]
- Hans Joos: Zur Darstellungstheorie der inhomogenen Lorentzgruppe als Grundlage quantenmechanischer Kinematik. In: Fortschritte der Physik. Band 10, Nr. 3, 1962, S. 65-146, Apostol, Tom M.: Modular functions and Dirichlet series in number theory. Springer-Verlag, New York 1976, ISBN 0-387-90185-X, S. 9 [0006]

## Patentansprüche

1. Fusionsreaktor (1) mit einem Induktionssystem, der eine Vielzahl von Mittelpunkten (M1-Mn) jeweils im Schnittpunkt eines durch die Achsen (x,y,z) definierten Raums hat und für den stabilen elektromagnetischen Einschluss eines Plasmavolumens (2) in einem von einer Mehrzahl von Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) umfängenen Plasmagefäß (20) ausgebildet ist, welches Plasmavolumen (2) eine aus vier gleichen Halbkreis-Bögen (B1-B4) mit vier Verbindungspunkten (J1-J4) und vier Scheitelpunkten (V1-V4) in acht gleich lange Abschnitte untergliederte zentrale Magnetfeldlinie (m1) mit dem Radius (r1) hat, die eine Umlaufbahn (U1) an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre um einen zentralen Mittelpunkt (M1) definiert und für die Anordnung exzentrischer Magnetfeldlinien (m2-mn) von konzentrischen, schlauchförmigen Flächen einer Doppelhelix (3) in einer Mehrzahl von Schichten (L1-Ln) umgeben wird, wobei die in regelmäßigen Abständen konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie (m1) und quer zu einer magnetodynamischen Flussrichtung (F) angeordneten Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) in Funktionseinheit mit einem Chiasmus (X) der jeweils als Endlosschleifen ausgebildeten Magnetfeldlinien (m1-mn) an wenigstens einer Nulllinie (0,0') zwischen zwei Perioden (T,T') einer Ringschwingung gleiche Weglängen (g,g') für Teilchen (+,-) mit der Spin-Quantenzahl 1/2 erzwingen, wobei die Teilchen jeweils in konzentrischen Schichten (L1-Ln) des von einer Doppelhelix (3) gebildeten Magnetfelds geführt werden, und der Fusionsreaktor (1) mit einem Kühlsystem (4) für die Spulen (Q1-Qn), einem Heizsystem (5) für das Plasmavolumen 2, einem Wärmeübertragungssystem (6) des Plasmagefäßes (20), einem Tragsystem (7) für das Plasmagefäß (20), und einem Injektionssystem (8) für Brennstoff einen Dauerbetrieb des Fusionsreaktors dadurch ermöglicht, dass die Protonen von Deuterium und Tritium bei Temperaturen von 100 bis 400 Millionen Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1000 km/s kollidieren und in einer Kettenreaktion zu Helium fusionieren.

2. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 1, bei dem die zentrale Magnetfeldlinie (m1) und die exzentrischen Magnetfeldlinien (m2-mn) jeweils an der Oberfläche virtueller Einheitssphären mit einem einheitlichen Radius (r1) liegen, wobei die zentrale Magnetfeldlinie (m1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) angeordnet ist und die exzentrischen Magnetfeldlinien (m2-mn) an der Oberfläche exzentrischer Einheitssphären mit exzentrischen Mittelpunkten (M2-Mn) angeordnet sind, und die Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) in den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix (3) eine jeweils gleich große Lorentzkraft induzieren, sodass in den einzelnen Schichten (L1-Ln) des Plasmavolumens

(2) die exzentrischen Magnetfeldlinien (m2-mn) gezwungen sind sich als eine Schar kongruenter Kurven mit analogen Verbindungs- und Scheitelpunkten in gewundenen Endlosschleifen um die zentrale Magnetfeldlinie (m1) zu winden, und jede einzelne exzentrische Magnetfeldlinie (m2-mn) vier elliptische Bögen (B'1-B'4) aufweist, wobei die beiden Hälften der exzentrischen Magnetfeldlinien (m2-mn) in den Umlaufbahnen (U2-Un) der Teilchen (+,-) um die exzentrischen Mittelpunkte (M2-Mn) jeweils gleich lang sind.

3. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 2, bei dem das Plasmagefäß (20) eine Doppelhelix (3) aufweist und als berippte Wärmeträgerhelix (21) mit einer Innenschale (23) und mit einer Außenschale (24) ausgebildet ist, wobei die Schalen (23,24) und die Gefäßmodule (C1-Cn) durch radiale Flanschverbindungen (26) miteinander biege-, schub- und torsionssteif sowie mit einem Dichtungsring (27) druck- und dampfdicht verbunden sind und ein phasenwechselndes Wärmeträgerfluid (22) aufnehmen, das an einem unteren Eingang (61) der Wärmeträgerhelix (21) im Rücklauf von einer Wärmesenke zu dem vollflächig der Innenschale (23) des Plasmagefäßes (20) zugewandten und von dem Plasmavolumen (2) gebildeten Wärmequelle (60) geleitet wird, um an einem oberen Ausgang (62) der Wärmeträgerhelix (21) im Vorlauf erneut zu der Wärmesenke geleitet zu werden, wobei in den Gefäßmodulen (C1-Cn) des Tragsystems (7) dampf- und wasserdichte Durchbrüche des Injektionssystems (8) für eine kontinuierliche Nachfuhr des von Deuterium und Tritium gebildeten Brennstoffs des Fusionsreaktors (1) vorgesehen sind.

4. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 1, bei dem das Heizsystem (4) eine Mehrzahl von Mikrowellenröhren (40) aufweist, die ein Tragprofil (41) mit einer auf den Mittelpunkt (M1) ausgerichteten Längsmittelachse (q) aufweisen, und zwischen den Spulen (Q1-Qn) mit den Gefäßmodulen (C1-Cn) in einer redundanten Anordnung derart verbunden sind, dass ein Fenster (42) der Mikrowellenröhren (40) eine Verbindung zu dem in dem Plasmagefäß (20) eingeschlossenen und zu beheizenden Plasmavolumen (2) eröffnet, wobei ein Wechselbetrieb der in Überzahl vorhandenen Mikrowellenröhren (40) eine kontinuierlich betreibbare Beheizung des Plasmavolumens (2) ermöglicht.

5. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem die Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) konzentrisch zu der Magnetfeldlinie (m1) allseitig von einem Kühlsystem (5) umgeben und gegenüber dem Plasmagefäß (20) durch ein Hochvakuum isoliert sind, wobei die Module des Kühlsystems (5) dazu ausgebildet sind, die einzelnen Wicklungen der Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) auf

minus 270° Celsius abzukühlen, um eine Supraleitung zu ermöglichen.

6. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem das Wärmeübertragungssystem (6) einen Kreislauf für ein zweiphasiges Wärmeträgerfluid (22) aufweist, das im Rücklauf an einem unteren Eingang (61) in eine zwischen der Innen- und der Außenschale (23,24) ausgebildete berippte Wärmeträgerhelix (21) gelangt und mit Temperatur und Druck beaufschlagt die Wärmeträgerhelix (21) an einem oberen Ausgang (62) verlässt und im Vorlauf zu einer als Wärmesenke wirkenden Dampfturbine geleitet wird und als rückgeköhltes Kondensat an dem unteren Eingang (61) erneut zu der Wärmequelle (60) gelangt, wobei die Innenschale (23) der Wärmeträgerhelix (21) die von dem Plasmavolumen (2) abgestrahlte Wärme aufnimmt und die Schalen (23,24) und Längsrippen (25) der Wärmeträgerhelix (21) die Wärme auf das Wasser übertragen.

7. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem die einzelnen Tragglieder des Tragsystems (7) von den modularen Baugruppen des Fusionsreaktors (1) selbst gebildet werden, wobei die Mikrowellenröhren (40) Hohlprofile (41) mit Längsmittelachsen (q) aufweisen und als Fachwerkstäbe auf den Mittelpunkt des Fusionsreaktors (1) ausgerichtet sind und einerseits mit einem von der Wärmeträgerhelix (21) gebildeten zweischaligen, in sich biege-, schub- und torsionssteifen Ringträger, und andererseits mit einem konzentrisch zu dem Mittelpunkt (M1) angeordneten Hohlkugelnknoten (71) verbunden sind, sodass ein auf den Mittelpunkt (M1) zentriertes Raumfachwerk (70) gebildet wird, das die Lasten des Fusionsreaktors (1) über zentrale Stützen (72) in einen tragfähigen Baugrund einleitet.

8. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem das Plasmavolumen (2) mit einem Radius (r2) und das Plasmagefäß (20) mit einem inneren Radius (r3) und einem äußeren Radius (r4) um die zentrale Magnetfeldlinie (m1) angeordnet sind, wobei das Plasmagefäß (20) aus einer Mehrzahl gleicher Gefäßmodule (C1-Cn) aufgebaut ist, die im Querschnitt entweder kreisförmig oder oval ausgebildet sind und zu vier bogenförmigen Baugruppen verschraub- oder verschweißbar sind, und eine Distanz (d) zu einer Innenschale (23) des Plasmagefäßes (20) aufweisen, und wobei die Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) den einzelnen Gefäßmodulen (C1-Cn) zugeordnet sind und eine radiale Distanz (d') zu dem Plasmagefäß (20) sowie longitudinale Distanzen (d'') zueinander aufweisen, die durch Sektorenwinkel des einheitlichen Radius (r1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) definierbar sind.

9. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem die zentrale Magnetfeldlinie (m1) von einer Mehrzahl konzentrischer Schichten (L1-Ln) für die Anordnung der exzentrischen Magnetfeldlinien (m2-mn) umgeben ist, wobei nach Zündung des Plasmas, sich ausgehend von der zentralen Magnetfeldlinie (m1) Elektronen und Protonen der schweren Isotope des Wasserstoffs voneinander trennen, sodass innerhalb der Doppelhelix (3) mit der von den Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) bewirkten Lorenzkraft und mit einem Eigendrehimpuls der Teilchen (+,-), sowohl die magnetodynamische Flussrichtung (F), als auch die Orientierung der Drehimpulsachse ( $\alpha$ ) und der Drehimpulsebene ( $\beta$ ) der Teilchen (+,-) bestimmt ist und die beiden Perioden (T,T') einer Ringschwingung durch eine Nulllinie (0,0'), entweder zwischen den Verbindungspunkten (J1, J3) und/oder zwischen den Verbindungspunkten (J2,J4), in zwei zueinander spiegelbildliche Hälften teilbar sind, und wobei sich die Ringschwingungen in den einzelnen Schichten (L1-Ln) des Plasmavolumens (2) jeweils durch schichtspezifische Frequenzen (f2-fn) mit einem Frequenzband von 50 Hz an der Außenseite des Plasmavolumens (2) und bis zu mehreren Kilo Hz im Bereich der zentralen Magnetfeldlinie (m1) unterscheiden.

10. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem die Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) in Funktionseinheit mit dem Chiasmus (X) der Magnetfeldlinien (m1-mn) gleiche Weglängen (g,g') für geladene Teilchen (+,-) in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix (3) bewirken, wobei Teilchen (+,-) mit der Spin-Quantenzahl 1/2 mit der durch die Helmholtz-Spulen (Q1-Qn) induzierten Lorenzkraft innerhalb des von der Doppelhelix (3) gebildeten Magnetfelds derart wechselwirken, dass sich ihre Drehimpulsebenen ( $\beta$ ) senkrecht und ihre Drehimpulsachsen ( $\alpha$ ) parallel zu den Magnetfeldlinien (m1-mn) ausrichten und die Teilchen (+,-) der magnetischen Flussrichtung (F) folgen und der Spin (s,s') von Teilchen (+,-) mit der Quantenzahl 1/2 in jedem der vier Halbkreis-Bögen (B1-B4) der zentralen Magnetfeldlinie (m1) und in jedem der vier elliptischen Bögen (B'1-B'4) der exzentrischen Magnetfeldlinien (m2-mn) viermal von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt, wobei sich die Drehimpulsachse ( $\alpha$ ) der Teilchen (+,-) in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Magnetfeldlinien (m1-mn) auf ihrer jeweiligen Umlaufbahn (U1-Un) mit einer Winkelsumme von 720 Grad viermal umkehrt, und sich gleichzeitig in einem Umlauf der Teilchen die Drehimpulsachse ( $\alpha$ ) mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst dreht, sodass mit einem magnetodynamischen Gleichgewicht in den spiegelsymmetrisch zueinander angeordneten Hälften der Doppel-

helix (3) die Bahnstabilität der Teilchen (+,-) herstellbar ist.

11. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem die von vier gleichen Halbkreis-Bögen (B1-B4) gebildete Magnetfeldlinie (m1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) eine Leitlinie für die Ausbildung sphärischer Ringschwingungen bildet, wobei sich die Drehimpulsachsen ( $\alpha$ ) der Teilchen (+,-) mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst drehen und mit der viermaligen Umkehr der Spin-Drehrichtung der Teilchen (+,-) jeweils zwischen einander gegenüberliegenden Verbindungspunkten (J1-J4) der zentralen Magnetfeldlinie (m1) die Spurtreue der Teilchen (+,-) gewährleistet wird, indem sich das Drehmoment der Teilchen zwischen den beiden Perioden der Ringschwingung in den beiden Hälften der Magnetfeldlinien (m1-mn) gegenseitig aufhebt, sodass ein fluiddynamisches Gleichgewicht der magnetischen Kräfte bewirkt wird, wobei der rasche Wechsel der Drehrichtung die Bildung gyraler Driftbewegungen aufgrund einer durch den Spin (s,s') verursachten Präzession der Teilchen (+,-) verhindert und die Teilchen (+,-) exakt den Magnetfeldlinien (m2-mn) folgen und mit dem gleichen Spin-Zustand zu einem Ausgangspunkt auf der jeweiligen Umlaufbahn (U1-Un) zurückzukehren.

12. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, der ein skalierbares Bausystem aufweist, das von gleichen Gefäßsegmenten (C1-Cn) für das Plasmagefäß (20), von einem modular aufgebauten Kühlsystem (4) für die Helmholtzspulen (Q1-Qn), von einem aus Mikrowellenröhren (40) bestehenden Heizsystem (5) für das Plasma, aus einem Wärmeübertragungssystem (6) für die Übertragung der Wärme aus dem Plasma auf ein Nutzsystm, einem Tragsystem (7) für das Plasmagefäß (20) und einem Injektionssystem (8) für Deuterium als Brennstoff für die Kernfusion gebildet wird, wobei der Durchmesser des in dem Plasmagefäß (20) eingeschlossenen Plasmavolumens (2) minimal 0,3 bis maximal mehreren Meter beträgt, sodass der Fusionsreaktor (1) einschließlich seines Energieversorgungssystems, und eines von einer Turbine gebildeten Konversionssystems sowohl terrestrisch als auch orbital stationierbar, und auch als Antriebsaggregat für ein Fahrzeug und insbesondere für ein Wasserfahrzeug ausbildbar ist.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

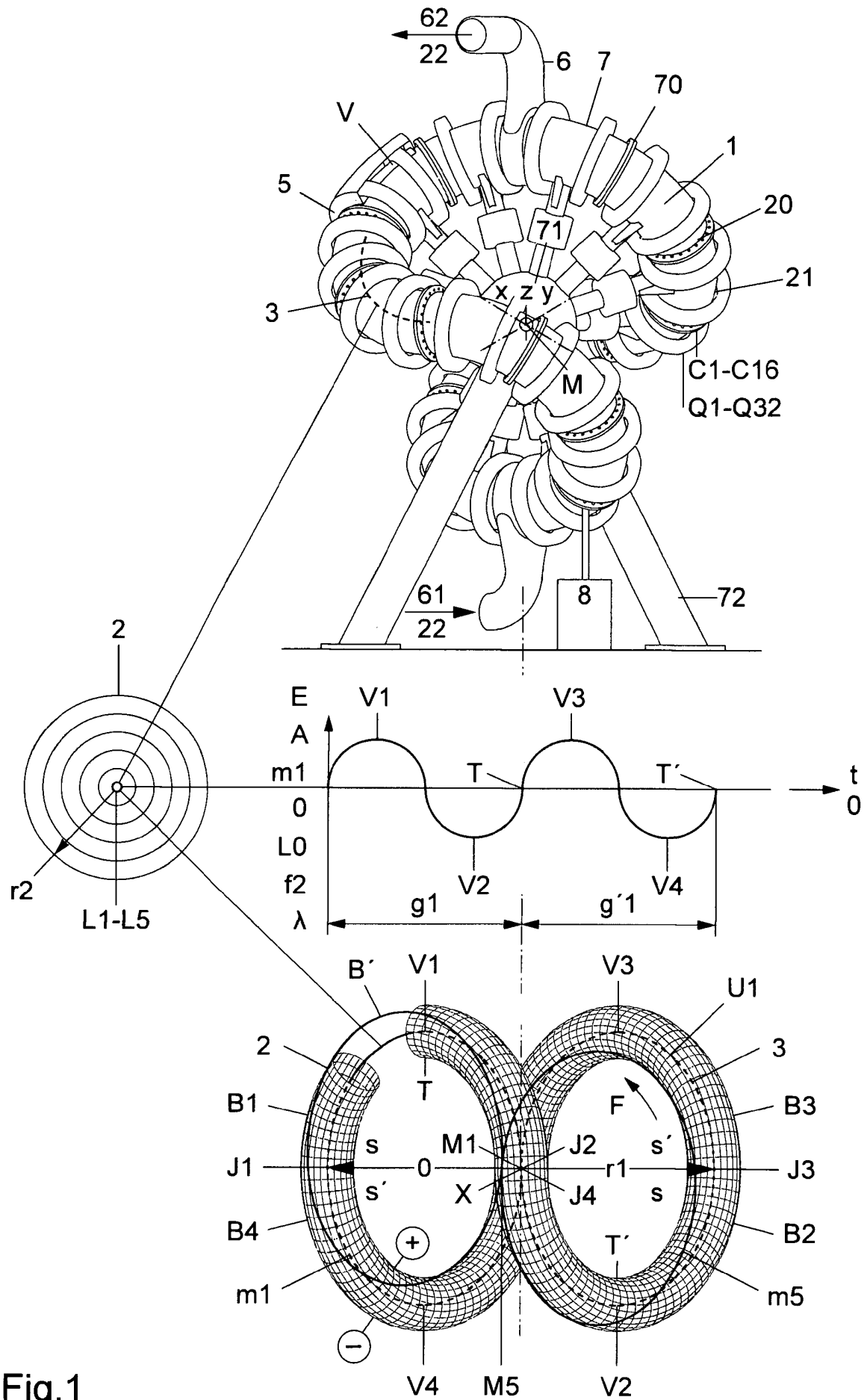


Fig.1

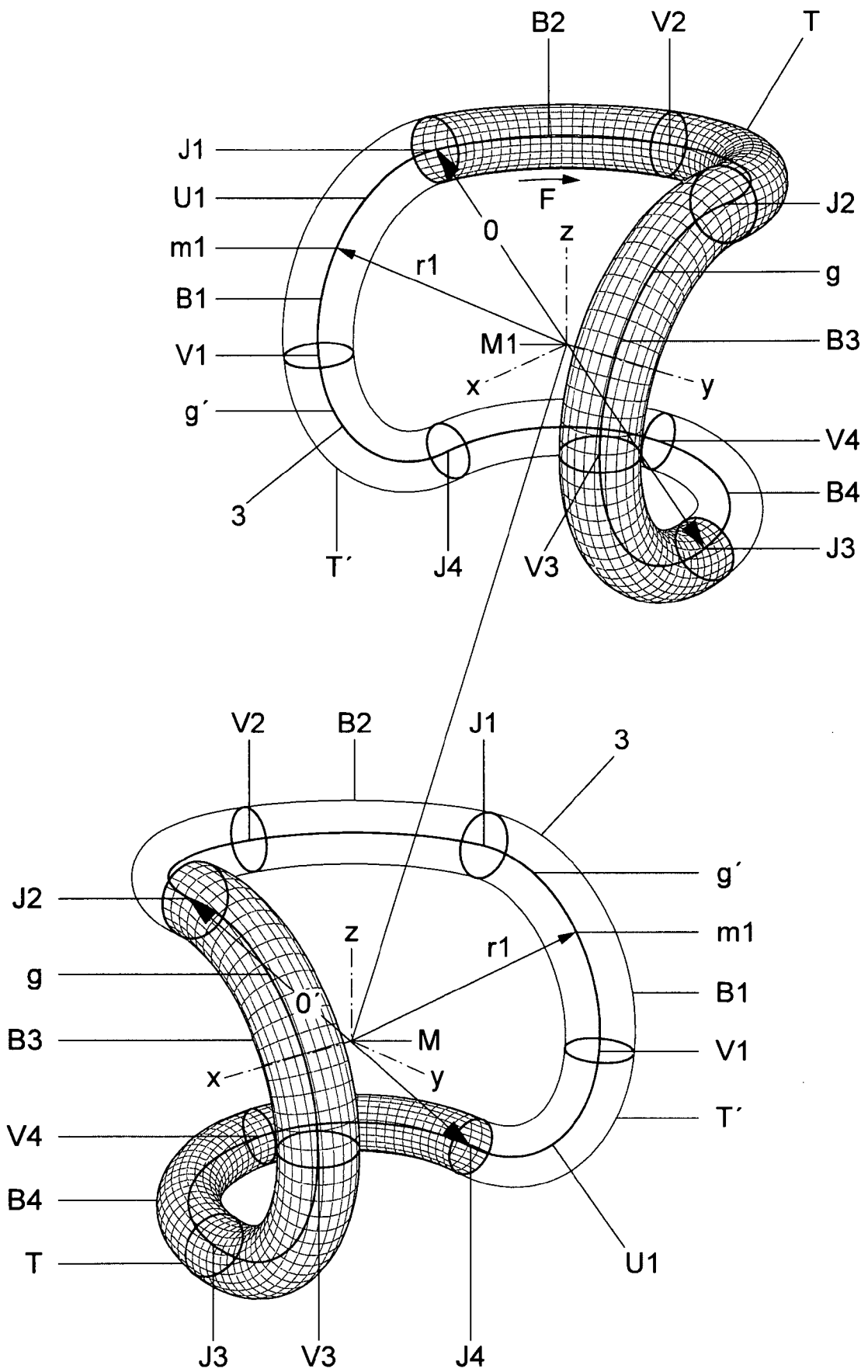


Fig.2

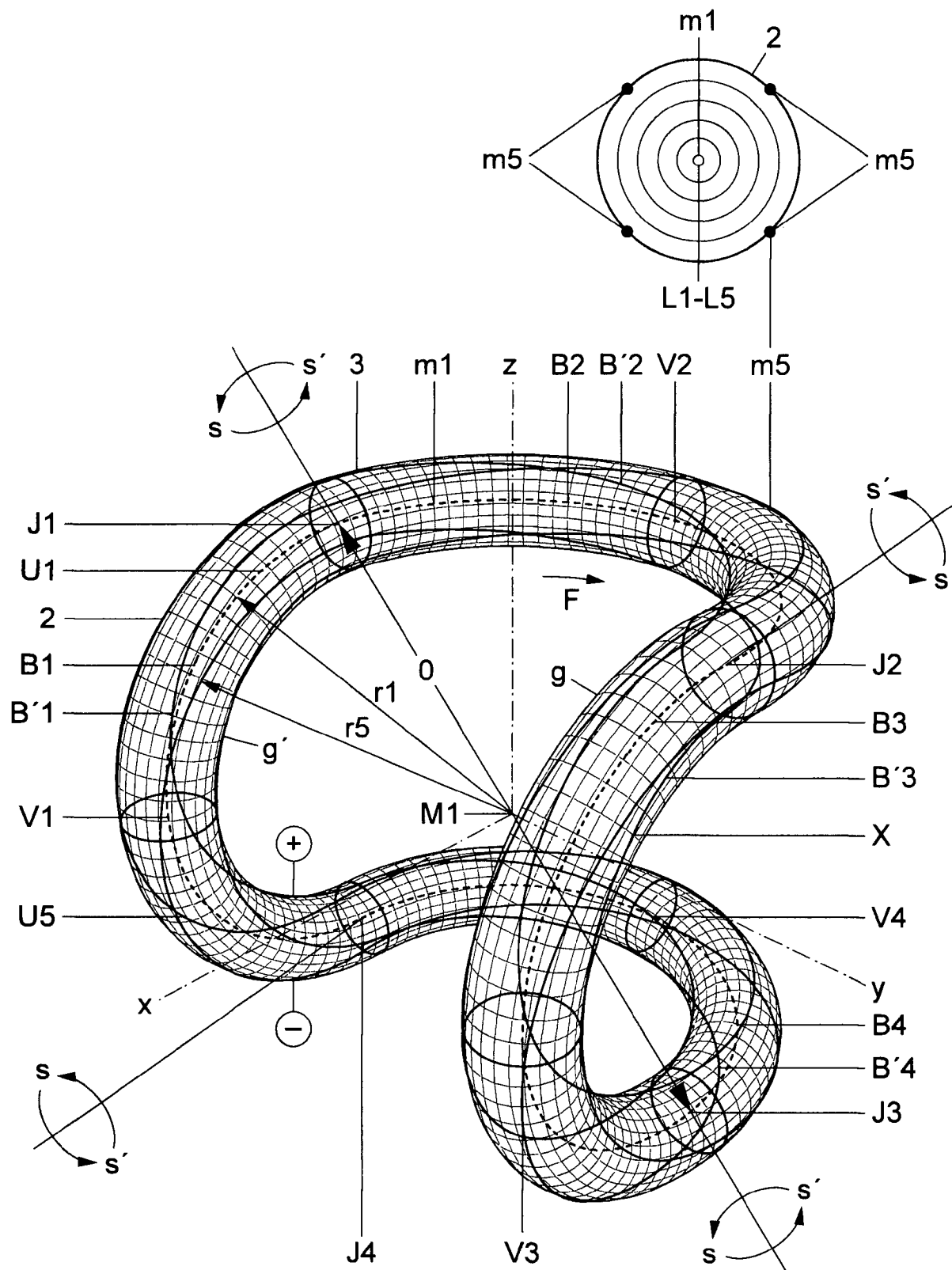


Fig.3

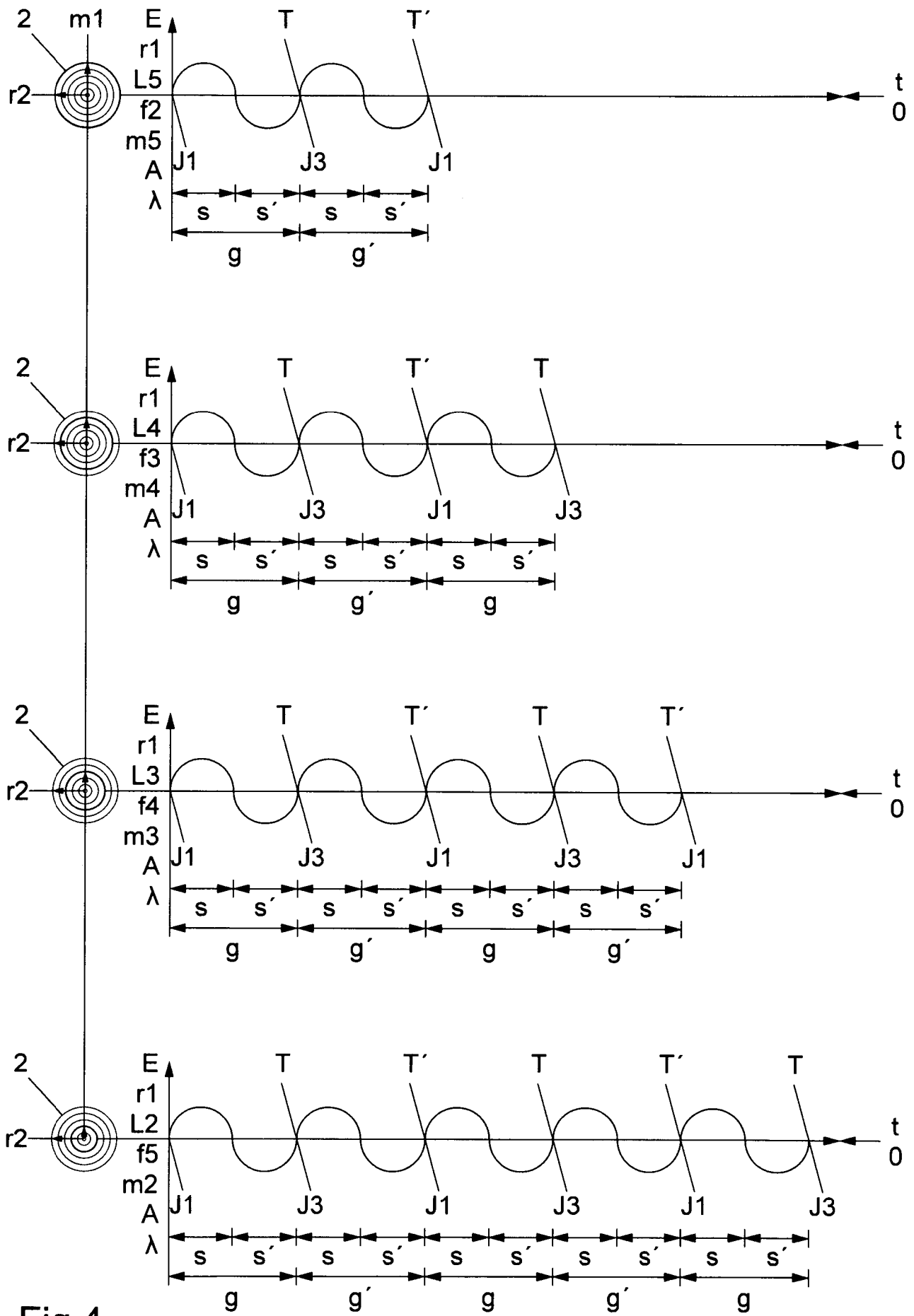


Fig.4

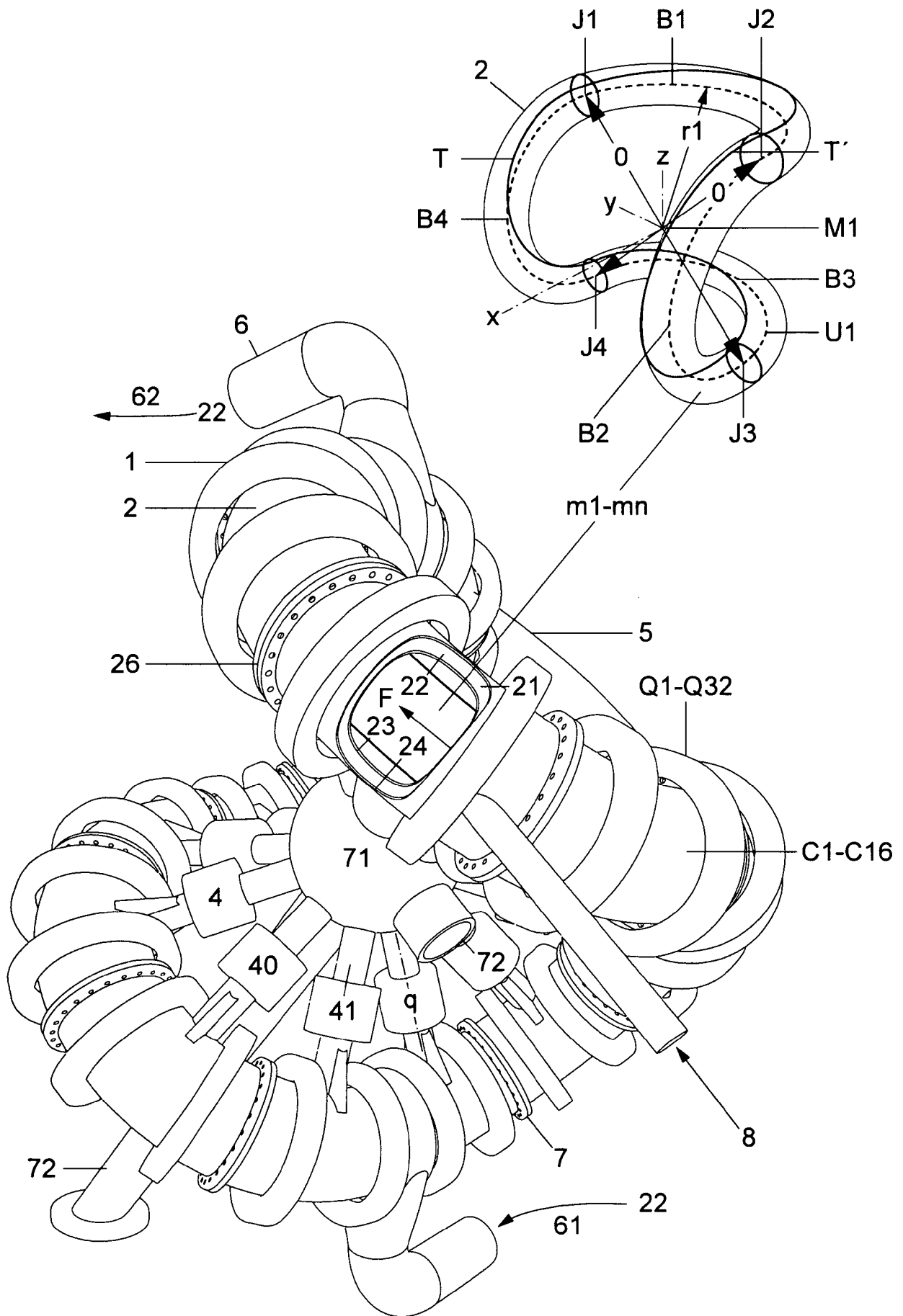


Fig.5

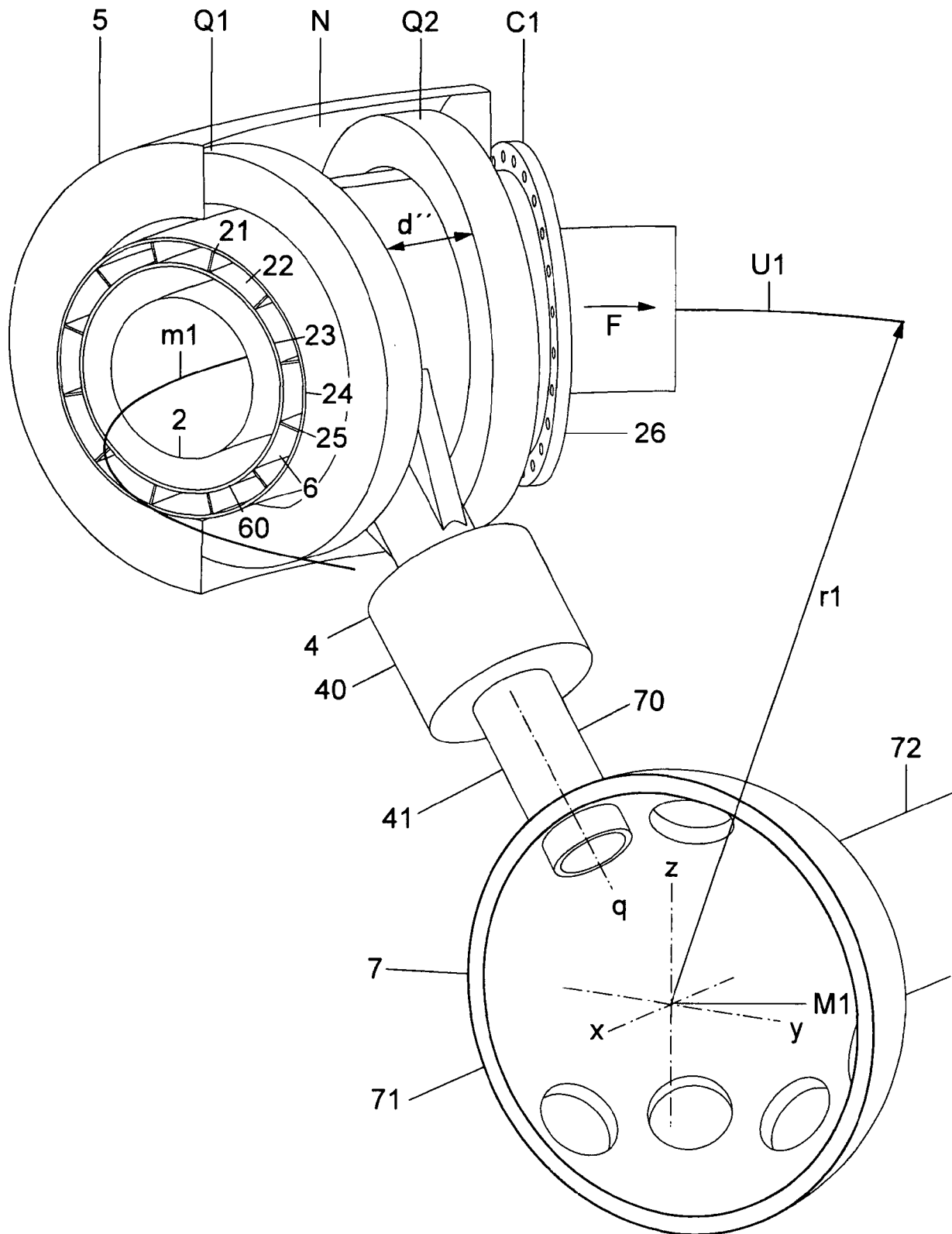
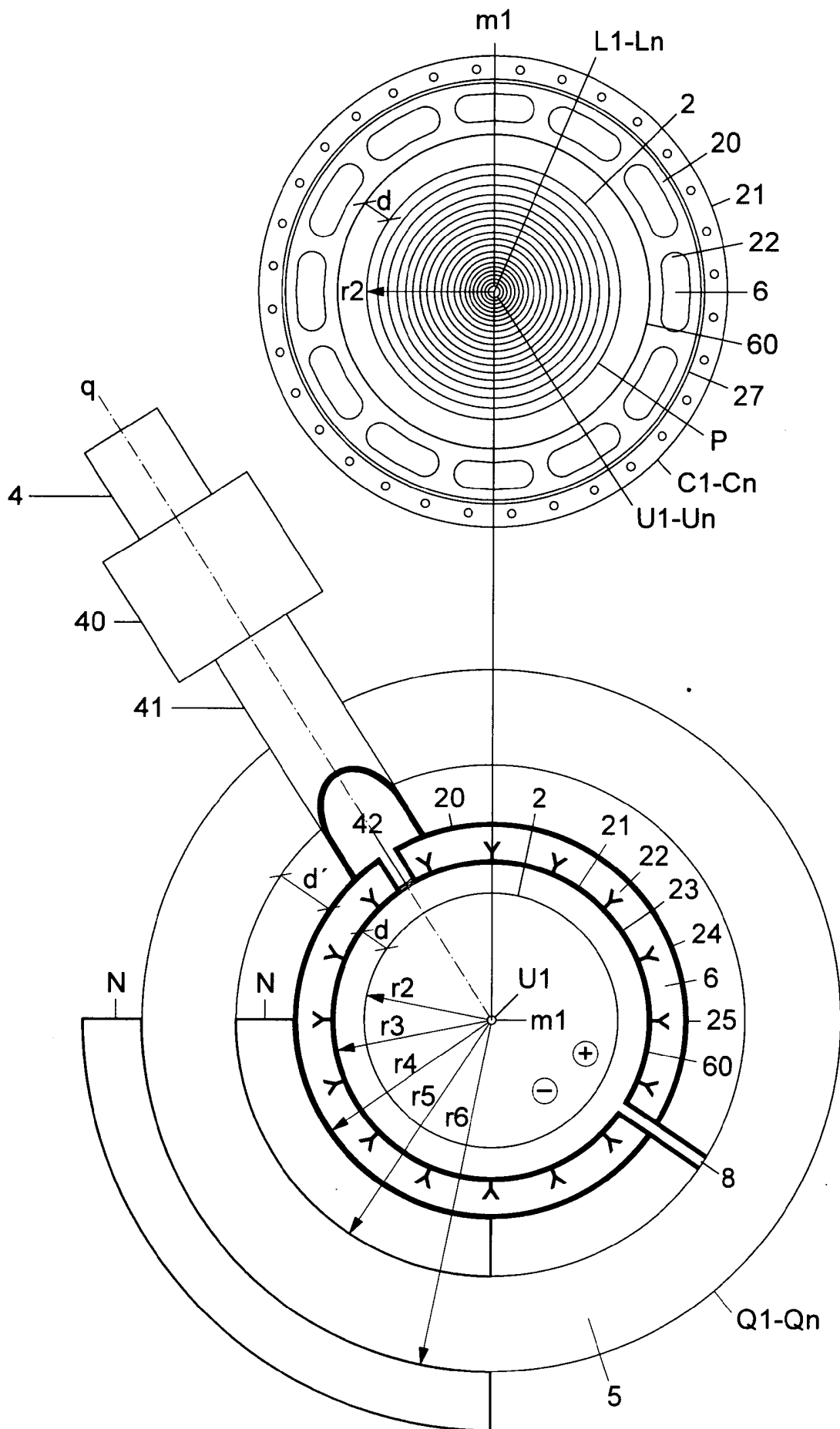


Fig.6



**Fig.7**

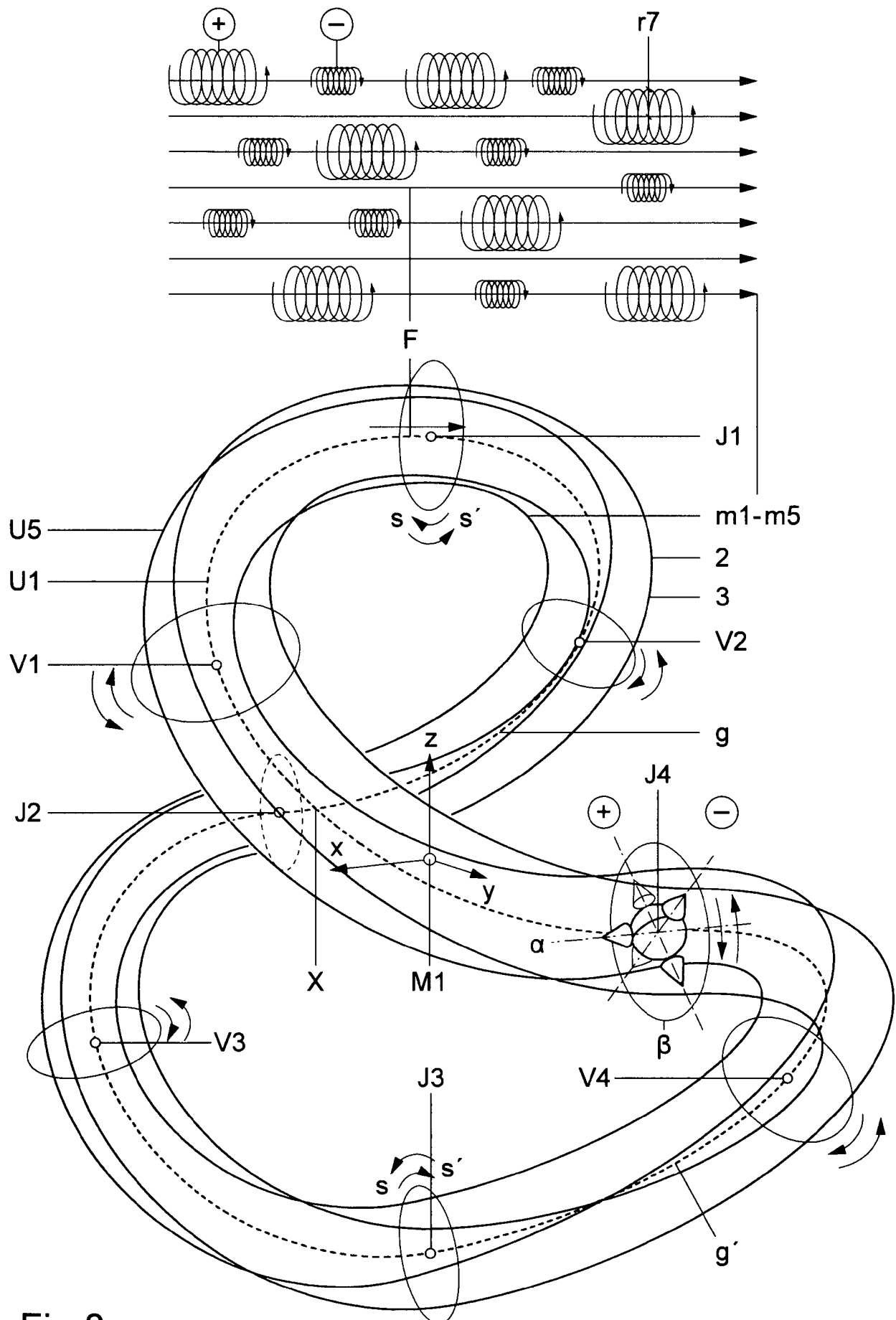


Fig.8

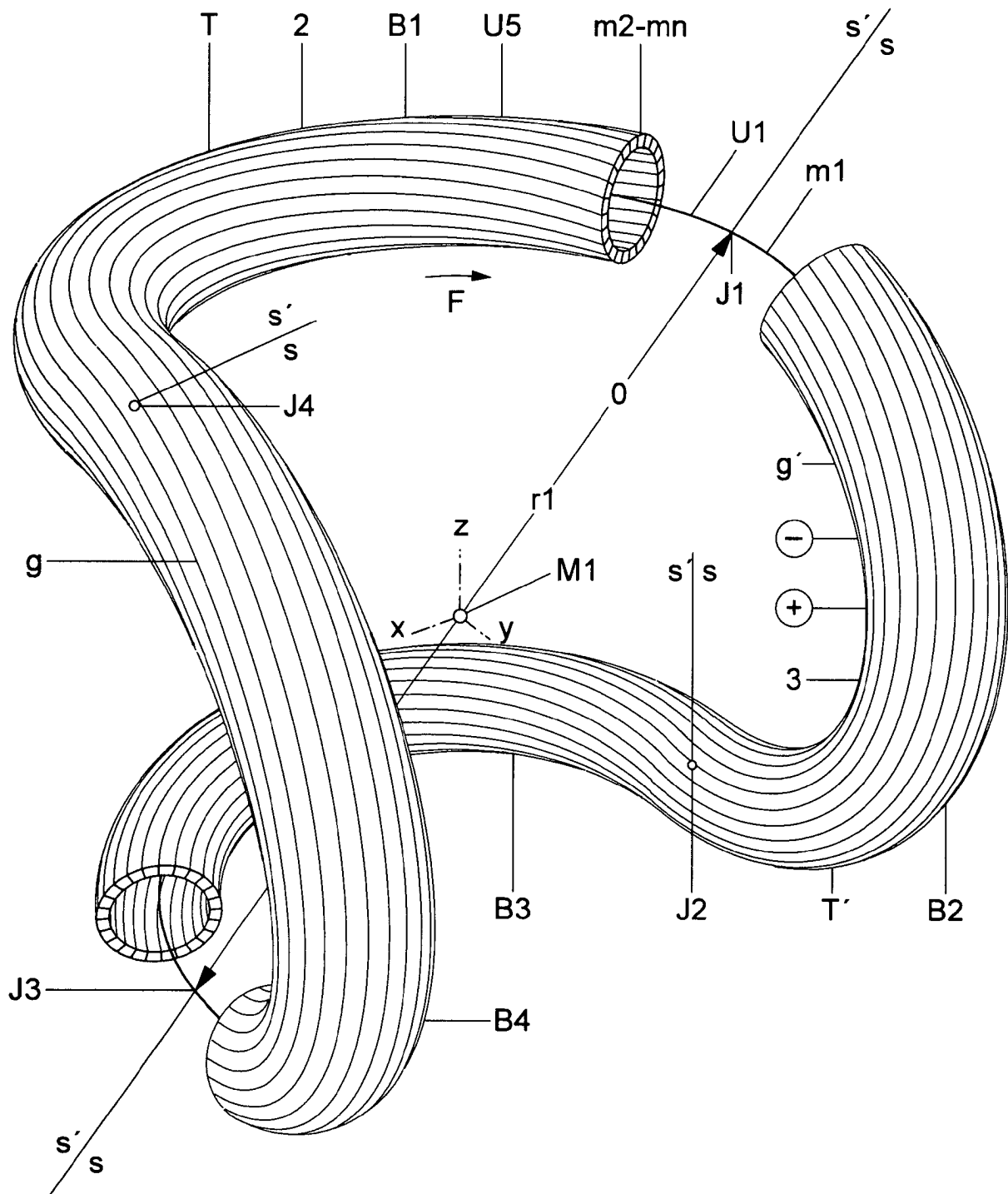


Fig.9

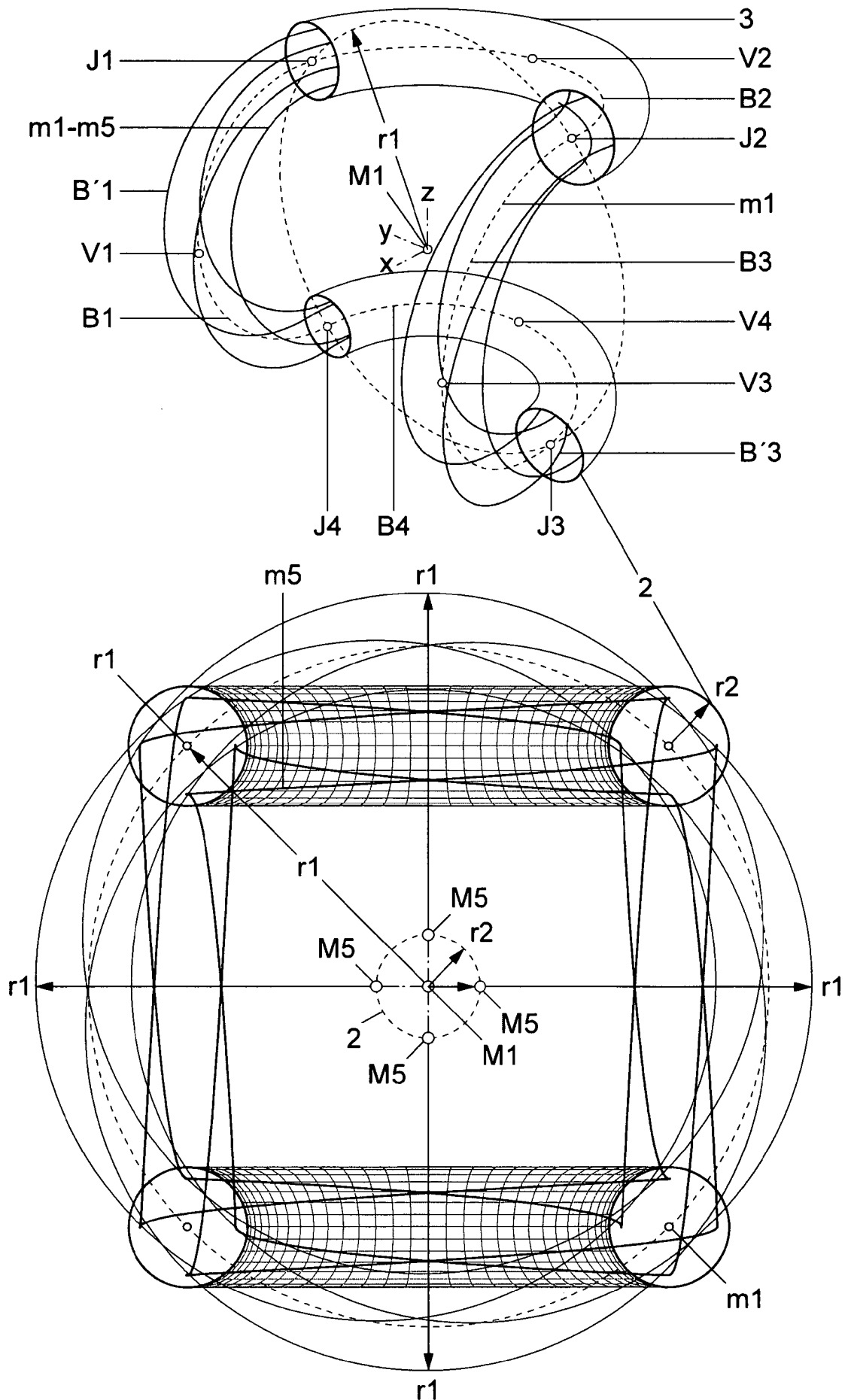


Fig.10