

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Dezember 2024 (19.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/256066 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: G21B 1/05 (2006.01)	10 2023 003 740.0 08. September 2023 (08.09.2023) DE
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/060853	PCT/EP2023/075981 20. September 2023 (20.09.2023) EP
(22) Internationales Anmeldedatum: 21. April 2024 (21.04.2024)	(72) Erfinder; und (71) Anmelder: GRIMM, Friedrich [DE/DE]; Züricher Str. 18, 70376 Stuttgart (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch	(74) Anwalt: RDL PATENTANWÄLTE PARTG MBB; Se- nefelderstr. 26, 70176 Stuttgart (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch	(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
(30) Angaben zur Priorität: 10 2023 002 454.6 14. Juni 2023 (14.06.2023) DE 10 2023 003 551.3 24. August 2023 (24.08.2023) DE 10 2023 003 552.1 28. August 2023 (28.08.2023) DE	

(54) Title: FUSION REACTOR HAVING A SPHERICAL MAGNETIC FIELD

(54) Bezeichnung: FUSIONSREAKTOR MIT EINEM SPHÄRISCHEN MAGNETFELD

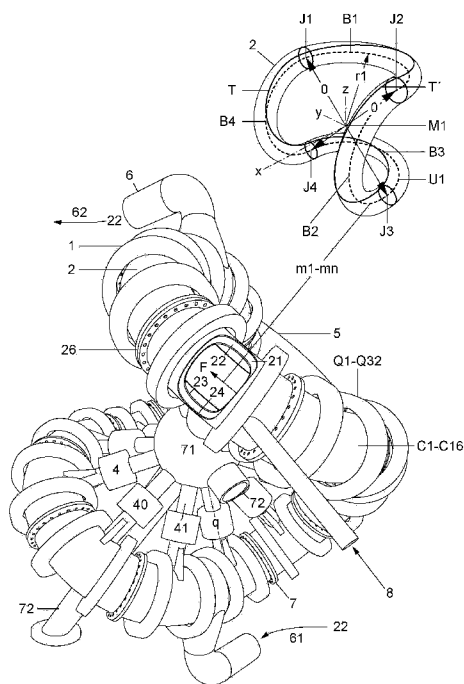


Fig. 5

(57) Abstract: The invention relates to a fusion reactor (1) comprising a plasma vessel (20), coils (Q1-Qn), a cooling system (5), a heating system (4), a heat transfer system (6), a support system (7), and an injection system (8); said plasma vessel (20) being provided around a central midpoint (M), defining a plasma volume (2), and being surrounded by the coils (Q1-Qn); said coils (Q1-Qn) being in the form of Helmholtz coils or helical coils to form a spherical magnetic field having magnetic field lines (m1, m2-mn) in the plasma volume (2); said magnetic field lines (m1, m2-mn) having a central magnetic field line (m1), the coils (Q1-Qn) each being arranged concentrically around the central magnetic field line (m1); said central magnetic field line (m1) lying around the central midpoint (M1) in a closed loop consisting of four identical semi-circular arcs (B1-B4) having four apex points (V1-V4) and four connection points (J1-J4) lying in a common plane on a virtual first sphere having a first radius (r1); said cooling system (5) being provided for cooling the coils (Q1-Qn); said heating system (4) being provided for heating a plasma in the plasma vessel (20); said heat transfer system (6) being provided for transporting away heat from the heat source (60) consisting of the plasma and for conducting it to a user system; said injection system (8) being provided for injecting a fuel into the plasma vessel (20); and said support system (7) being designed to support the plasma vessel (20).

(57) Zusammenfassung: Ein Fusionsreaktor (1) weist ein Plasmagefäß (20), Spulen (Q1-Qn), ein Kühlsystem (5), ein Heizsystem (4), ein Wärmeübertragungssystem (6), ein Tragsystem (7) und ein Injektionssystem (8) auf, welches Plasmagefäß (20) um einen zentralen Mittelpunkt (M) herum vorgesehen ist, ein Plasmavolumen (2) definiert und von den Spulen (Q1-Qn) umfangenen ist, welche Spulen (Q1-Qn) als Helmholtz-Spulen oder als spiralförmige Spulen dazu ausgebildet sind, im Plasmavolumen (2) ein sphärisch geführtes Magnetfeld mit Magnetfeldlinien (m1, m2-mn) auszubilden, welche Magnetfeldlinien (m1, m2-mn) eine



WO 2024/256066 A1

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

zentrale Magnetfeldlinie (m1) umfassen, wobei die Spulen (Q1-Qn) jeweils konzentrisch um die zentrale Magnetfeldlinie (m1) herum angeordnet sind, welche zentrale Magnetfeldlinie (m1) in einer geschlossenen Schleife aus vier gleichen halbkreisförmigen Bögen (B1-B4) mit vier Scheitelpunkten (V1-V4) und vier in einer gemeinsamen Ebene liegenden Verbindungspunkten (J1-J4) auf einer virtuellen ersten Sphäre mit einem ersten Radius (r1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) herum liegt, welches Kühlsystem (5) zur Kühlung der Spulen (Q1-Qn) vorgesehen ist, welches Heizsystem (4) zum Aufheizen eines Plasmas im Plasmagefäß (20) vorgesehen ist, welches Wärmeübertragungssystem (6) dazu vorgesehen ist, Wärme von der aus dem Plasma bestehenden Wärmequelle (60) ab zu transportieren und einem Nutzsysteem zuzuführen, welches Injektionssystem (8) zur Injektion eines Brennstoffs in das Plasmagefäß (20) vorgesehen ist, und welches Tragsystem (7) dazu ausgebildet ist, das Plasmagefäß (20) zu tragen.

Fusionsreaktor mit einem sphärischen Magnetfeld

Die Erfindung betrifft einen Fusionsreaktor mit einem Induktionssystem für ein sphärisches Magnetfeld, das bevorzugt für einen dauerhaften, magnetischen Plasmaeinschluss in einem Plasmagefäß des Fusionsreaktors ausgebildet ist. In einem theoretischen Teil der Erfindung werden für die im Plasma des Fusionsreaktors vorhanden negativ geladenen Elektronen und für positiv geladene Kerne von Deuterium und Tritium, die im Rahmen der Erfindung auch als Ionen bezeichnet werden, Symmetriebedingungen angegeben, die ein für fundamentale Fermionen mit der Quantenzahl $1/2$ geltendes Regime erfüllen. Der Fusionsreaktor ist dazu ausgebildet, Kerne der schweren Isotope des Wasserstoffs unter Freisetzung ihrer starken Bindungskräfte zu Helium zu verschmelzen, wobei jeweils ein energiereiches Neutron, freigesetzt wird. Mit dem sphärischen Magnetfeld wird ein Sphärenmodell für elektromagnetisch induzierte Ringschwingungen angegeben, das mit einem fluiddynamischen Gleichgewicht für Elektronen und Ionen einen dauerhaften magnetischen Plasmaeinschluss in einem Plasmagefäß des Fusionsreaktors ermöglicht. Das Sphärenmodell erfüllt in der Kombination von drei geometrischen Operationen, nämlich der Lorentz Transformation, der Translation und der Rotation das für Fermionen geltende Regime. Dieses auch als Poincare' Gruppe bezeichnete Erklärungsmodell gilt in der Quantenfeldtheorie als Beweis für die Gültigkeit der allgemeinen Relativitätstheorie. In einem konstruktiven Teil der Erfindung wird ausgehend von einer geometrischen Ordnung für das sphärische Magnetfeld des Fusionsreaktors eine technische Lehre für die Ausbildung des Plasmagefäßes als ein integriertes Bausystem mit modular ausbildbaren Baugruppen und Funktionselementen des Fusionsreaktors angegeben. Zur Lösung dieser Aufgaben wird im Rahmen der Erfindung eine sphärische Ringschwingung innerhalb konzentrischer Magnetfeldschichten einer Doppelhelix vorgeschlagen. Sämtliche Magnetfeldlinien für die Ringschwingungen von Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ liegen dabei an der Oberfläche einer virtuellen Transformations-Sphäre, mit einem einheitlichen Radius, wobei im Sinne der Gruppentheorie die Mittelpunkte der Transformations-Sphäre eine homogene Gruppe mit einem durch eine Matrix beschreibbaren Operator bildet. Dieser Regel entsprechend liegen die Mittelpunkte der Sphären innerhalb eines virtuellen 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 in Relation zum jeweiligen Radius des Plasmavolumens durch den Gyration-Radius der Teilchen limitiert ist.

Im weiteren Sinn kann in der Doppelhelix auch ein orbitales Schichtmodell der universalen Raum-Zeit erkannt werden, in dem alle Teilchen Schwingungen unterworfen sind, um ausgehend von einem Anfang, im selben Zustand an ein Ende zu gelangen, der ein neuer Anfang ist.

Der Fusionsreaktor ist für einen stabilen magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem von einer Mehrzahl von Spulen umfangenen 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 dezentraler 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, Elektronen und Ionen, wobei die Teilchen jeweils in konzentrischen Schichten des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds geführt werden. Bei dem Fusionsreaktor werden die Kerne von Deuterium und Tritium exakt auf den Magnetfeldlinien geführt und kollidieren bei Geschwindigkeiten von mehr als 1.000 km/s und bei Temperaturen von 100 bis 400 Million Grad Celsius miteinander, um unter Freisetzung großer Mengen thermischer Energie zu Helium zu fusionieren. Alle Magnetfeldlinien des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds, die zentrale Magnetfeldlinie und die dezentralen Magnetfeldlinien, liegen jeweils an der Oberfläche einer virtuellen Transformations-Sphäre mit einem einheitlichen Radius. Während die Transformations-Sphäre der zentralen Magnetfeldlinie einen zentralen Mittelpunkt aufweist, sind die dezentralen Magnetfeldlinien an der Oberfläche der Transformations-Sphäre um dezentrale Mittelpunkte angeordnet, wobei die dezentralen Mittelpunkte der Transformations-Sphäre innerhalb einer virtuellen Kugel um den zentralen Mittelpunkt liegen, deren Radius dem Radius des Plasmavolumens

entspricht. Während die vier Bögen der zentralen Magnetfeldlinie als regelmäßige Halbkreisbögen mit vier jeweils in einer Ebene liegenden Verbindungspunkten vier jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzte Magnetfeldebene definieren weisen die dezentralen Magnetfeldlinien jeweils vier räumliche und elliptische Bögen mit vier komplementären Verbindungspunkten und Scheitelpunkten auf. Die Spulen bewirken in Funktionseinheit mit dem Chiasmus der Magnetfeldlinien gleiche Weglängen für geladene Teilchen in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix innerhalb der einzelnen schlauchförmigen Schichten der magnetischen Struktur des Plasmavolumens. Elektronen und Ionen wechselwirken mit der von den Helmholtz-Spulen bewirkten Lorentzkraft, indem sich ihre Drehimpulsebenen senkrecht und ihre Drehimpulsachsen parallel zu den Magnetfeldlinien ausrichten und dabei der magnetischen Flussrichtung des Plasmavolumens folgen. Elektronen und Ionen werden durch die von den Spulen erzeugte Lorentzkraft in Flussrichtung des Plasmas beschleunigt und sind dabei in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt. Das Magnetfeld ist an seiner dem zentralen Mittelpunkt zugewandten Innenseite stärker als an der gegenüberliegenden Außenseite, wobei die Elektronen und Ionen mit ihrer Bewegung ein senkrecht zu dem Magnetfeld wirksames asymmetrisches elektrisches Wirbelfeld induzieren. Elektronen und Ionen sind deshalb gezwungen sich auf Schraubenlinien von den Magnetfeldlinien zu entfernen. Das Vorzeichen der jeweiligen Ladung entscheidet darüber ob diese Schraubenlinien links- oder rechtsdrehend sind, wobei der Gyrationradius eines Ions größer ist als der eines Elektrons und von der Stärke des Magnetfelds sowie von der Geschwindigkeit senkrecht zum Magnetfeld abhängig ist. Die Geschwindigkeit und Richtung des magnetischen Flusses ist davon unberührt. Für die Bahnstabilität der Teilchen ist das magnetodynamische Gleichgewicht in den spiegelsymmetrisch zueinander angeordneten Hälften der Doppelhelix wichtig, und es 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 Spins 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 zurückkehren. Das dafür notwendige Magnetfeld wird von Helmholtz-Spulen oder von spiralförmigen Spulen bewirkt, die eine zentrale Magnetfeldlinie erzeugen, welche von einer Vielzahl dezentraler Magnetfeldlinien umgeben ist. Aufgrund der Asymmetrie des Magnetfelds weichen sowohl die zentrale als auch die dezentralen Magnetfeldlinien von der idealen Kugelform leicht ab und sind sphärisch bzw. sphäroidal. Einerseits bewirkt das Kräftegleichgewicht der von den Helmholtz-Spulen induzierten Lorentzkraft in den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix gleiche Weglängen für Elektronen und Ionen auf den Magnetfeldlinien, sodass die Teilchen mit jedem Umlauf einen regelmäßigen Wechsel von der Innenseite auf die Außenseite des Plasmavolumens vollziehen. Andererseits bewirken die aus der Masse der Elektronen und Ionen resultierenden Zentrifugalkräfte in den jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzten Magnetfeldebene der Doppelhelix ein Drehmoment, bei dem der Radius der vier in einer Ebene liegenden Verbindungspunkte als Hebelarm für die Verwindung der Magnetfeldlinien wirkt. Dies 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. Die Helmholtz-Spulen sind den einzelnen Gefäßmodulen zugeordnet und weisen eine radiale Distanz zu dem Plasmagefäß sowie longitudinale Distanzen zueinander auf, 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 dezentralen Magnetfeldlinien mit analogen Scheitel- und Verbindungspunkten umgeben. Nach der Zündung des Plasmas trennen sich, ausgehend von der zentralen Magnetfeldlinie, die Elektronen von den Kernen der schweren Isotope des Wasserstoffs, sodass mit der von den Helmholtz-Spulen bewirkten Lorentzkraft innerhalb des von der Doppelhelix gebildeten Magnetfelds sowohl die magnetdynamische Flussrichtung, als auch die Orientierung der Drehimpulsachsen und der Drehimpulsebenen der Elektronen und Ionen 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. Die Ringschwingungen unterscheiden sich 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 Kilohertz im Bereich der zentralen Magnetfeldlinie. Gelingt mit dem 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 bevorzugt zwischen 0,3 m bis zu mehreren Metern. Der Fusionsreaktor einschließlich seiner Energieversorgung und eines Konversionssystems kann sowohl terrestrisch als auch orbital stationiert werden und ist in ein Fahrzeug, insbesondere in ein Wasserfahrzeug integrierbar.

Stand der Technik

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 Entwicklung 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 Kilometern 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 pro Kubikmeter ist das Plasma im Vergleich zur Luft, die eine Teilchendichte von zehn hoch sechsundzwanzig Teilchen pro Kubikmeter hat, einem Hochvakuum vergleichbar. Wasserstoff kommt in drei Isotopen vor. Protium besteht aus einem Kern mit einem Proton, und einem Elektron. Deuterium hat einen Kern mit einem Proton und einem Neutron, und ein Elektron, und es wird als schwerer Wasserstoff bezeichnet. Tritium hat einen Kern mit einem Proton und zwei Neutronen, und ein Elektron, und es wird als überschwerer Wasserstoff bezeichnet. Tritium ist radioaktiv mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren und kommt selten natürlich auf der Erde vor. Die Isotope sind chemisch äquivalent. Eine Einheit, die die Energie beschreibt, mit denen ein Atomkern zusammengehalten wird, ist das Elektronenvolt. Ein Elektronenvolt ist diejenige Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Beschleunigungsspannung von 1 V gewinnt. Für die Bindung der Nukleonen (Protonen und Neutronen) im Atomkern ist die starke Wechselwirkung maßgebend. Freisetzung von Bindungsenergie ist durch Kernfusion leichter Elemente oder Kernspaltung schwerer Elemente möglich. Die bei einer 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 eine Energie von 17,6 Millionen eV. Bevorzugt werden die Protonen der schweren Isotope des Wasserstoffs - 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. Es tritt eine Massendifferenz zwischen zwei Fusionspartnern und den Fusionsprodukten auf entsprechend der Einstein'schen Gleichung $E = m c^2$. Besonders groß ist diese

Massendifferenz zwischen den schweren Isotopen des Wasserstoffs Deuterium und Tritium einerseits und dem Fusionsprodukt Helium andererseits. Die sogenannte Coulomb-Barriere muss überwunden werden, bevor der Fusionsprozess beginnen kann. Als Fusionsbrennstoff ist ein Gemisch aus gleichen Anteilen Deuterium und Tritium sehr geeignet. Die Verschmelzung von zwei Deuterium Kernen zu Helium-3 ist ebenfalls möglich und hat den Vorteil dass dabei auf das radioaktive Tritium verzichtet werden kann, wobei eine vergleichsweise geringere Energieausbeute von nur 3,27 Millionen eV hinzunehmen wäre. 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 Atomkerne 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 synonym und gleichbedeutend mit Distanz 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 Atomkerne von Deuterium und Tritium zu Helium

fusionieren und dabei 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. Die thermonukleare Leistungsdichte der Fusion ergibt sich dabei aus der Anzahl der Reaktionen pro Volumen und Zeit, und bestimmt mit der Reaktionsrate die Fusionsenergie pro Reaktion. Damit die Kettenreaktion der Kernfusion aufrechterhalten werden kann, ist ein Injektionssystem erforderlich, mit dem beständig 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 Explosionen 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. 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 unterschiedlich 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 begonnen 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 Strom-erzeugung freizusetzen. Mit Unterstützung von der US-

Atomenergie-kommission 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=19bEPuPYPgo>
- 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

Ausgehend vom dargestellten Stand der Technik ergibt sich die Aufgabe, einen neuen Fusionsreaktor und einen neuen Fahrzeug bereitzustellen.

Bevorzugt ermöglicht ein Induktionssystem für ein sphärisches Magnetfeld einen permanenten magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem Fusionsreaktor und erfüllt dabei die speziellen Bedingungen, die an Fermionen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ gestellt sind. Es ist jedoch bereits vorteilhaft, den Einschluss des Plasmavolumens so lange zu ermöglichen, dass eine nutzbare Energieform bereitgestellt wird. Weiter bevorzugt besteht die Aufgabe der Erfindung darin einen in seinen Abmessungen skalierbaren Fusionsreaktor anzugeben der auch in ein Fahrzeug integrierbar ist.

Bevorzugt wird ein Induktionssystem für einen magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens in einem Plasmagefäß bereitgestellt, das den Betrieb eines in seinem Aufbau wesentlich vereinfachten Fusionsreaktor ermöglicht, damit Energie aus der Kernfusion als eine 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 eine bevorzugte Eigenschaft der Erfindung, ebenso 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 in der Fusion freigesetzten Wärme auf ein Nutzsyste, aus einem Tragsystem für das Plasmagefäß, sowie aus einem Injektionssystem für den Einschuss von Brennstoff besteht. Die Integration dieser Systeme folgt bevorzugt einerseits dem Gedanken einer räumlichen Entflechtung und andererseits der Herstellung von Synergien im Zusammenwirken der Systeme.

Schließlich besteht eine bevorzugte Aufgabe der Erfindung in der Angabe eines quantenmechanisch wirksamen Induktionssystems, bei dem sich im Plasma Ionen und Elektronen unabhängig voneinander auf Magnetfeldlinien in orbitalen Umlaufbahnen um einen Mittelpunkt des Fusionsreaktors bewegen und dabei dem Spin-Regime für Fermionen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ unterworfen sind. Die Ausbildung eines sphärischen Magnetfelds für einen Fusionsreaktor erfordert bevorzugt ein Induktionssystem, das die mathematisch und geometrisch formulierbaren Symmetriebedingungen für Fermionen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ durch hochfrequente Ringschwingungen mit zwei Perioden ermöglicht, wobei 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.

Zumindest ein Teil dieser Aufgaben wird mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

Ein Fusionsreaktor weist ein Plasmagefäß, Spulen, bevorzugt ein Kühlsystem, bevorzugt ein Heizsystem, bevorzugt ein Wärmeübertragungssystem, bevorzugt ein Tragsystem und bevorzugt ein Injektionssystem auf, welches Plasmagefäß um einen zentralen Mittelpunkt herum vorgesehen ist, ein Plasmavolumen definiert und von den Spulen umfassen ist, welche Spulen als Helmholtz-Spulen oder als spiralförmige Spulen dazu ausgebildet sind, im Plasmavolumen ein Magnetfeld mit Magnetfeldlinien auszubilden, welche Magnetfeldlinien eine zentrale Magnetfeldlinie umfassen, wobei die Spulen jeweils konzentrisch um die zentrale Magnetfeldlinie herum angeordnet sind, welche zentrale Magnetfeldlinie in einer geschlossenen Schleife aus vier gleichen halbkreisförmigen Bögen mit vier Scheitelpunkten und vier in einer gemeinsamen Ebene liegenden Verbindungspunkten auf einer virtuellen ersten Sphäre mit einem ersten Radius um den zentralen Mittelpunkt herum liegt, welches Kühlsystem bevorzugt zur Kühlung der Spulen vorgesehen ist, welches Heizsystem bevorzugt zum Aufheizen eines Plasmas im Plasmagefäß vorgesehen ist, welches Wärmeübertragungssystem bevorzugt dazu vorgesehen ist, Wärme aus dem Fusionsprozess auf ein Nutzsysteem zu übertragen, welches Injektionssystem bevorzugt zur Injektion eines Brennstoffs in das Plasmagefäß vorgesehen ist, und welches Tragsystem bevorzugt dazu ausgebildet ist, das Plasmagefäß zu tragen. Die Form der zentralen Magnetfeldlinie entspricht näherungsweise der weißen Linie an einer Oberfläche eines Tennisballs oder der Naht

eines Baseballs. Der Fusionsreaktor ist vorteilhaft und ermöglicht einen kompakten Aufbau mit geometrischer Einfachheit und Symmetrien.

Die Erzeugung der zentralen Magnetfeldlinie auf der virtuellen ersten Sphäre mit dem ersten Radius um den zentralen Mittelpunkt herum kann als sphärisch geführtes Magnetfeld bezeichnet werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der Fusionsreaktor dazu ausgebildet, einen Brennstoff in das Plasmagefäß zu injizieren, welcher Brennstoff Deuterium oder sowohl Deuterium als auch Tritium aufweist. Diese Isotope sind gut geeignet für eine Kernfusion.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Plasmagefäß im Querschnitt kreisförmig oder oval ausgebildet. Dies ermöglicht eine vorteilhafte, kompakte Anordnung der Spulen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist das Plasmagefäß eine Innenschale und eine Außenschale auf, wobei zwischen der Innenschale und der Außenschale eine berippte Wärmeträgerhelix ausgebildet ist, welche einen Eingang und einen Ausgang aufweist und einen Arbeitsraum für ein Wärmeträgerfluid bildet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Fusionsreaktor eine Dampfturbine auf, welche Dampfturbine mit dem Ausgang und mit dem Eingang fluidtechnisch verbunden ist, um einen Kreislauf für das Wärmeträgerfluid zu bilden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Plasmagefäß aus Gefäßmodulen ausgebildet, welche Gefäßmodule bevorzugt durch radiale Flanschverbindungen miteinander biege-, schub- und torsionssteif sowie mit einem Dichtungsring druck- und dampfdicht verbunden sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Gefäßmodule Durchbrüche für das Injektionssystem auf, um eine Injektion von Brennstoff in die Gefäßmodule durch die Durchbrüche hindurch zu ermöglichen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Fusionsreaktor eine Mehrzahl gleicher Gefäßmodule auf.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist das Heizsystem eine Mehrzahl von Mikrowellenröhren auf, welche mit dem Plasmagefäß derart verbunden sind, dass ein Fenster der Mikrowellenröhren eine Verbindung zu dem in dem Plasmagefäß eingeschlossenen und zu beheizenden Plasmavolumen eröffnet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Mikrowellenröhren ein Tragprofil mit einer auf den zentralen Mittelpunkt ausgerichteten Längsmittelachse auf.

Alternativ können die Mikrowellenröhren auch von der radial äußeren Seite her mit dem Plasmagefäß verbunden werden. Dies ist insbesondere bei kleineren Plasmagefäßen vorteilhaft.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform laufen die Mikrowellenröhren radial von innen oder außen auf das Plasmagefäß zu. Alternativ können sie auch schräg auf das Plasmagefäß zulaufen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Tragprofile als Fachwerkstäbe auf den zentralen Mittelpunkt des Fusionsreaktors ausgerichtet und einerseits mit dem Plasmagefäß und andererseits mit einem konzentrisch zu dem zentralen Mittelpunkt angeordneten Hohlkugelnknoten verbunden, sodass ein auf den zentralen Mittelpunkt zentriertes Raumfachwerk gebildet ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Spulen allseitig von dem Kühlsystem umgeben und gegenüber dem Plasmagefäß durch ein Vakuum isoliert. Dies erleichtert die Verwendung supraleitender Spulen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die zentrale Magnetfeldlinie von dezentralen Magnetfeldlinien umgeben, welche dezentralen Magnetfeldlinien jeweils auf einer zugeordneten schlauchförmigen Fläche einer Doppelhelix angeordnet sind, welche schlauchförmigen Flächen konzentrisch um die zentrale Magnetfeldlinie herum angeordnet sind und diese in einer Mehrzahl von Schichten umgeben, wobei die Spulen in Funktionseinheit mit einem Chiasmus der Magnetfeldlinien an wenigstens einer Nulllinie zwischen zwei Perioden einer Ringschwingung gleiche Weglängen für Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ erzwingen, und wobei die Teilchen jeweils in konzentrischen Schichten der dezentralen Magnetfeldlinien geführt werden. Mit den geometrischen Eigenschaften des Fusionsreaktors ergeben sich Möglichkeiten zur Verbesserung der Stabilität des Plasmas.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegen die dezentralen Magnetfeldlinien jeweils an der Oberfläche einer virtuellen Transformations-Sphäre mit dem ersten Radius, wobei die Transformationssphären relativ zum zentralen Mittelpunkt dezentrale Mittelpunkte aufweisen, die während eines Umlaufs der Teilchen in den einzelnen konzentrischen Schichten des Plasmavolumens auf einer virtuellen Kreisbahn um den zentralen Mittelpunkt der zentralen Magnetfeldlinie angeordnet sind und die Spulen in den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix ein jeweils gleich großes Magnetfeld bewirken, sodass in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens die dezentralen Magnetfeldlinien gezwungen sind, sich als eine Schar

kongruenter Kurven mit analogen Verbindungs- und Scheitelpunkten in gewundenen geschlossenen Schleifen um die zentrale Magnetfeldlinie zu winden, wobei jede einzelne dezentrale Magnetfeldlinie vier elliptische Bögen aufweist und die beiden spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften in den Umlaufbahnen der Teilchen um die dezentralen Mittelpunkte jeweils gleich lang sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Induktionssystem des Fusionsreaktors dazu ausgebildet, ein quer zu dem Magnetfeld wirkendes elektrisches Feld zu induzieren, wobei die Lorentzkraft und der Eigendrehimpuls der Teilchen des Plasmas die magnetdynamische Flussrichtung, die Orientierung der Drehimpulsachse der Teilchen und die Orientierung der Drehimpulsebene der Teilchen zu bestimmen, und wobei beide Perioden einer Ringschwingung durch eine Nulllinie in zwei spiegelbildlich einander gegenüberliegende Hälften teilbar sind, welche Nulllinie jeweils zwischen zwei der Verbindungspunkte vorgesehen ist, und wobei sich die Ringschwingungen in den einzelnen Schichten des Plasmavolumens jeweils durch schichtspezifische Frequenzen unterscheiden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weisen die dezentralen Magnetfeldlinien vier räumliche und elliptische Bögen auf, die Spulen bewirken in Funktionseinheit mit dem Chiasmus der Magnetfeldlinien gleiche Weglängen für geladene Teilchen in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften, wobei Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ mit der von den Spulen quer zu dem Magnetfeld wirkenden Lorentzkraft derart wechselwirken, dass sich ihre Drehimpulsebenen senkrecht und ihre Drehimpulsachsen parallel zu den Magnetfeldlinien ausrichten und die Teilchen der magnetischen Flussrichtung folgen und der Spin von Teilchen mit der Quantenzahl $1/2$ in jedem der vier gleichen Bögen der zentralen Magnetfeldlinie oder in jedem der vier elliptischen Bögen der dezentralen Magnetfeldlinien einmal von einem Up-Spin in einen Down-Spin oder umgekehrt wechselt, wobei sich die Drehimpulsachse gleichzeitig in einem Umlauf der Teilchen mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst dreht, sodass mit einem magnetdynamischen Gleichgewicht in den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften die Bahnstabilität der Teilchen herstellbar ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform bildet die Magnetfeldlinie um den zentralen Mittelpunkt eine Leitlinie für die Ausbildung sphärischer Ringschwingungen, wobei sich die Drehimpulsachsen 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 der zentralen Magnetfeldlinie die Spurtreue der Teilchen gewährleistet ist, indem sich das Drehmoment der Teilchen zwischen den beiden Perioden der Ringschwingung in den beiden spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Magnetfeldlinien gegenseitig aufhebt, sodass ein fluiddynamisches Gleichgewicht der magnetischen Kräfte bewirkt wird, wobei der Wechsel der Drehrichtung die Bildung gyraler Driftbewegungen aufgrund einer durch den Spin verursachten Präzession der Teilchen verhindert und die Teilchen exakt den Magnetfeldlinien folgen und mit dem gleichen Spin-Zustand zu einem Ausgangspunkt auf der jeweiligen Umlaufbahn zurückkehren. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors spannen die vier mit dem Radius um den zentralen Mittelpunkt angeordneten halbkreisförmigen Bögen der zentralen Magnetfeldlinie vier jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzte Magnetfeldebene auf, die mit den in einer Ebene liegenden Verbindungspunkten der zentralen Magnetfeldlinie eine gemeinsame Drehmomentebene für alle Magnetfeldlinien definieren.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors sind die den Magnetfeldlinien folgenden Elektronen und Ionen in dem Plasmavolumen aufgrund ihrer jeweiligen Masse einer Zentrifugalkraft unterworfen, wobei in der Drehmomentebene mit dem vierfachen Wechsel der Magnetfeldebene von jeweils 90 Grad ein mechanisch wirksames Drehmoment mit einem Hebelarm um den jeweiligen Mittelpunkt der Magnetfeldlinien die Verwindung der Magnetfeldlinien in Flussrichtung des Plasmavolumens bewirkt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors bewirken die Spulen des Fusionsreaktors ein sphärisches Magnetfeld, das an der dem zentralen Mittelpunkt der zentralen Magnetfeldlinie zugewandten Seite stärker wirksam ist als an der Außenseite der Doppelhelix, wobei die Elektronen und Ionen des Plasmavolumens quer zu dem von den Spulen bewirkten sphärisch geführten Magnetfeld ein elektrisches Feld induzieren und von der Lorentzkraft quer zu dem Magnetfeld beschleunigt werden, sodass die Teilchen aufgrund der Asymmetrie des Magnetfelds gezwungen sind auf spiralförmigen Bahnen mit einem Gyrationradius um die Magnetfeldlinien zu rotieren, und wobei in den jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzt angeordneten Magnetfeldebene der Doppelhelix der Spin der Teilchen (+,-) viermal von einem Up-Spin zu einem Down-Spin wechselt, sodass in der durch die Verbindungspunkte definierten Drehmomentebene der Doppelhelix mit einem quantenmechanisch

wirksamen Mechanismus die Spurtreue der Teilchen dadurch ermöglicht wird, dass sich der Eigendrehimpuls der Teilchen viermal umkehrt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Fusionsreaktor ein Magnetsystem auf, das von einer Mehrzahl jeweils zwischen den Spulen angeordneten Elektromagneten, mit dem Plasmavolumen zugewandten Polen an der Innenschale des Plasmagefäßes gebildet wird und die Pole senkrecht zu der Innenschale auf die zentrale Magnetfeldlinie ausgerichtet sind, wobei durch Umpolung der Elektromagnete des Magnetsystems mittels einer Schaltung das Plasmavolumen an zeitlich und räumlich voneinander getrennt aktivierten Polen kurzzeitig mit der Innenschale in Berührung kommt, sodass durch Konvektion und Wärmeleitung eine Wärmeübertragung auf das Plasmagefäß ermöglicht wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors tragen die Pole des Magnetsystems und die Innenschale des Plasmagefäßes eine Bekleidung aus Wolframelementen, wobei die Pole entweder als von der Innenschale abstehende Vorsprünge ausgebildet sind und becherförmige Polkappen aus Wolfram tragen oder flächenbündig mit der Innenschale ausgebildet sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors sind die Magnetfeldlinien für den Transport geladener Teilchen (+,-) ausgebildet die aus Ionen und Elektronen, jeweils eine Drehimpulsachse und eine senkrecht dazu angeordnete Drehimpulsebene aufweisen, wobei die Drehimpulsebenen der Teilchen an den Verbindungspunkten in einer gemeinsamen Drehimpulsebene liegen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors weist das Plasmagefäß an seinem unteren Eingang einen Tiefpunkt und an seinem oberen Ausgang einen Hochpunkt auf, wobei die Innenschale des Plasmagefäßes eine Bekleidung aus Wolframplatten trägt und sich Schlacken aus dem Fusionsprozess und aus dem Abrieb der Bekleidung aus Wolfram an dem Tiefpunkt des Plasmagefäßes 20 sammeln.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors ist das Plasmagefäß im Querschnitt kreisrund ausgebildet hält einem Innendruck von mehr als zehn Bar stand, sodass die Kerne von Deuterium als schwere Ionen des Wasserstoffs bei einer Temperatur von 400 Millionen Grad untereinander fusionierbar sind, und auf das radioaktive Tritium verzichtet werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Fusionsreaktors werden die in der Fusion der Kerne von Deuterium und Tritium freigesetzten Neutronen unabhängig von dem Magnetfeld beschleunigt und kollidieren mit der Innenschale des Plasmagefäßes, oder

werden an der Innenschale mehrfach reflektiert, wobei die Neutronen Strahlungswärme aus dem Plasmavolumen auf die Wärmeträgerhelix übertragen.

Ein Fahrzeug, welches als Landfahrzeug, als Wasserfahrzeug, als Luftfahrzeug oder als Raumfahrzeug ausgebildet ist, hat einen solchen Fusionsreaktor. Dies ermöglicht eine Umwandlung von Kernenergie in für eine Bewegung des Fahrzeugs nutzbare Energie. Die Integration des Fusionsreaktors in ein Fahrzeug, insbesondere in ein Wasserfahrzeug ist aufgrund seiner vergleichsweise geringen Abmessungen möglich. Ein solches Fahrzeug wäre beispielsweise ein Supertanker oder eine Raumstation. Auch bei sehr großen Landfahrzeugen, wie sie beispielsweise im Bergbau mit Abmessungen von mehreren hundert Metern genutzt werden, ist ein entsprechendes Vorsehen eines Fusionsreaktors möglich.

Der Fusionsreaktor ermöglicht mit einem Kühlsystem für die Spulen, einem Heizsystem für das Plasma, einem Wärmeübertragungssystem, einem Tragsystem für das Plasmagefäß und einem Injektionssystem für den von Deuterium und Tritium gebildeten Brennstoff einen Dauerbetrieb des Fusionsreaktors oder zumindest einen Betrieb, der eine Gewinnung nutzbarer Energie ermöglicht, dadurch, dass nach der Zündung des Plasmas die Atomkerne von Deuterium und Tritium bevorzugt bei Temperaturen von 100 bis 400 Millionen Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1.000 km/s kollidieren und in einer Kettenreaktion unter Freisetzung großer Mengen thermischer Energie zu Helium fusionieren. Hierbei kann der Fusionsreaktor als Brüter wirken, und Deuterium kann im Fusionsreaktor zu Tritium umgewandelt werden. Hierdurch ist eine Zufuhr von Tritium nicht zwingend notwendig.

Weitere vorteilhafte Ausführungsbeispiele gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Im Einzelnen hat der Fusionsreaktor zumindest teilweise die folgenden Eigenschaften:

- Angabe einer zentralen Magnetfeldlinie aus vier Halbkreis-Bögen, die mit einem Radius um einen zentralen Mittelpunkt zwischen vier Verbindungspunkten der zentralen Magnetfeldlinie vier Magnetfeldebene definieren und an der Oberfläche einer zentralen virtuellen Sphäre liegen,
- Angabe einer dezentralen Magnetfeldlinie aus vier räumlichen und elliptischen Bögen, die mit dem gleichen Radius um einen dezentralen Mittelpunkt an der Oberfläche der Transformations-Sphäre liegen,

- Nutzung des Spins von Elektronen und Ionen für die Bahnstabilität, der in einem Umlauf der beiden an einer Nulllinie einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Perioden einer Ringschwingung seine Drehrichtung viermal ändert,
- Nutzung der Masse von Elektronen und Ionen in einer durch die vier Verbindungspunkte der Magnetfeldlinien definierten Drehimpulsebene für die Verwindung der Magnetfeldlinien,
- Angabe eines Plasmavolumens aus vier Halbkreis-Bögen für sphärische Schwingungen, in denen der Spin von Elektronen und Ionen mit einer Winkelsumme von 180 Grad jeweils viermal von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt, sodass die Teilchen in einem Umlauf der Doppelhelix im gleichen Spin-Zustand an ihren Ausgangspunkt zurückkehren,
- Angabe konzentrischer Schichten des Plasmavolumens, deren Schichtdicken dem Gyrationradius der Teilchen entsprechen,
- Angabe eines Plasmavolumens in einem Plasmagefäß, das einschließlich der Spulen in das Mantelvolumen einer virtuellen Hohlkugel eingeschrieben werden kann,
- Angabe eines Wärmeübertragungssystems für ein phasenwechselndes Wärmeträgerfluid in einer berippten Wärmeträgerhelix mit einem oberen Ausgang für den Vorlauf zu einer Wärmesenke und mit einem unteren Eingang für den Rücklauf zu der das Plasmavolumen als Wärmequelle umgebenden Wärmeträgerhelix,
- Angabe einer Bahnkurve auf der sich die Drehimpulsachse eines Teilchens einmal um sich selbst dreht,
- Angabe orbitaler Schlauchflächen des Magnetfelds auf denen sich geladene Teilchen mit einer Geschwindigkeit von bevorzugt mehr als 1.000 km/s um einen Mittelpunkt bewegen,
- Angabe einer Transformations-Sphäre mit einem einheitlichen Radius für die Selbstorganisation harmonischer Ringschwingungen innerhalb eines aus konzentrisch um eine zentrale Magnetfeldlinie angeordneten Magnetfelds in Form einer Doppelhelix,
- Angabe eines Plasmagefäßes, in dem für die Fusion der Kerne von Deuterium und Tritium eine Temperatur von mehr als 100 Millionen Grad und ein Druck von nur einem Bar herrscht,

- Angabe eines Plasmagefäßes, in dem für die Fusion der Kerne von Deuterium eine Temperatur von mehr als 400 Millionen Grad und ein Druck von zehn Bar herrscht,
- Angabe geladener Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$, die sich mit Geschwindigkeiten von bevorzugt mehr als 1.000 km/s an der Oberfläche einer virtuellen Sphäre bewegen und deshalb die Bedingungen für den Spin eines Fermions erfüllen,
- Angabe einer Doppelhelix als einer Raum-Zeitschleife, die die Bedingungen der speziellen Relativitätstheorie erfüllt,
- 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,
- Angabe von Vorsprüngen an der Innenschale des Plasmagefäßes, die als Elektromagnete mit einer Matrixschaltung dazu ausgebildet sind das Plasma kurzzeitig mit dem Plasmagefäß in Berührung zu bringen um eine leitende und konvektive Wärmeübertragung von dem Plasma auf das Plasmagefäß zu ermöglichen,
- Vorschlag einer Kernfusion ausschließlich mit den Kernen von Deuterium,

Die Architektur der Bögen für Ringschwingungen

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 dezentralen Magnetfeldlinien liegen an der Oberfläche einer virtuellen Transformations-Sphäre mit einem einheitlichen Radius, wobei die dezentralen Magnetfeldlinien dezentrale Mittelpunkte der Transformations-Sphäre aufweisen, und die dezentralen Mittelpunkte während eines Umlaufs der Teilchen in den einzelnen konzentrischen Schichten des Plasmavolumens auf einer virtuellen Kreisbahn um den zentralen Mittelpunkt der zentralen Magnetfeldlinie angeordnet sind. Die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen für Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ wird mit einer gleichmäßigen Verteilung des von den Helmholtz-Spulen bewirkten Magnetfelds 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 dezentralen 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 dezentralen 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 der 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 dezentralen Magnetfeldlinien umgeben ist. Die dezentralen 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 virtuellen Transformations-Sphäre mit einem einheitlichen Radius liegen, und sich Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ mit einer Geschwindigkeiten von bevorzugt mehr als 1.000 km/s an der Oberfläche dieser Transformations-Sphäre 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 ermöglicht damit auch, für den hier vorgestellten Sonderfall einer Doppelhelix mit einem mehrschichtig strukturierten Magnetfeld, einen mathematischen Nachweis für die zwangsläufige Kinematik der Fermionen. Paul Dirac hat 1928 auch die Existenz eines Positrons, als einem Gegenspieler des Elektrons im Bereich der sogenannten Antimaterie vorausgesagt. Bereits 1932 konnte Charles D. Anderson das Vorhandensein dieses zu den Fermionen zählenden Teilchens experimentell nachweisen. Die für das menschliche Auge nicht sichtbare Gammastrahlung innerhalb

des Plasmavolumens kann als Folge einer destruktiven Interaktion zwischen Elektronen und Positronen gedeutet werden.

Das Magnetfeld des Fusionsreaktors

Das Magnetfeld des Fusionsreaktors ist an seiner dem zentralen Mittelpunkt des Fusionsreaktors zugewandten Innenseite stärker als an der gegenüberliegenden Außenseite. Elektronen und Ionen werden von dem Magnetfeld in Flussrichtung des Plasmas beschleunigt, wobei die Elektronen und Ionen mit ihrer Bewegung um den zentralen Mittelpunkt des Fusionsreaktors ein senkrecht zu dem Magnetfeld wirksames elektrisches Feld induzieren, in dem die Lorentzkraft die Teilchen quer zur Flussrichtung des Plasmas beschleunigt.

Dabei sind die Elektronen und Ionen - in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt - gezwungen auf Schraubenlinien den Magnetfeldlinien zu folgen. Das Vorzeichen der jeweiligen Ladung entscheidet darüber ob diese Schraubenlinien links- oder rechtsdrehend sind, wobei der Gyrationradius eines Ions größer ist als der eines Elektrons und von der Stärke des Magnetfelds sowie von der Geschwindigkeit senkrecht zum Magnetfeld abhängig ist. Mit einem radialen Abstand -synonym und gleichbedeutend mit Distanz zu dem Plasmagefäß sind die Helmholtz-Spulen konzentrisch und quer zu der zentralen Magnetfeldlinie angeordnet und folgen in regelmäßigen Intervallen dem Verlauf der Doppelhelix. In den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix bewirken die Helmholtz-Spulen ein jeweils gleich starkes Magnetfeld, sodass die dezentralen 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. Hierdurch sind 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. Die zentrale Magnetfeldlinie ist von einer Mehrzahl konzentrischer Schichten für die Anordnung der dezentralen Magnetfeldlinien umgeben, die jeweils vier elliptische Bögen aufweisen. Nach der Zündung des Plasmas trennen sich, ausgehend von der zentralen Magnetfeldlinie, Elektronen und Kerne der schweren Isotope des Wasserstoffs voneinander, sodass innerhalb der Doppelhelix mit der von den Helmholtz-Spulen bewirkten Lorentzkraft und mit dem Eigendrehimpuls der Teilchen, sowohl die magnetdynamische 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 Kilohertz im Bereich der zentralen Magnetfeldlinie.

Das fluiddynamische Gleichgewicht des Plasmas

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 bzw. anders ausgedrückt eine geschlossene Schleife bildet. In dem Magnetfeld der Doppelhelix wechselwirken Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ mit der von den Helmholtz-Spulen bewirkten Lorentzkraft 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, und wobei sich die Drehimpulsachsen der Teilchen in einem Umlauf mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst drehen.

Die Quantenmechanik geladener Teilchen

In der Quantenphysik sind die Spin-Eigenschaften geladener Teilchen mit der Quantenzahl $1/2$ wie z.B. Protonen und Elektronen sehr genau bekannt. Der Spin ist eine untrennbar mit dem jeweiligen Teilchen verbundene Eigenschaft, die nicht modifizierbar ist. Obwohl sich Fermionen jeder genauen Verortung in Raum und Zeit entziehen, ist das Vorhandensein einer Drehimpulsachse und einer senkrecht dazu angeordneten Drehimpulsebene allgemein anerkannt, ebenso wie die Tatsache dass die Teilchen eine Masse haben und insofern auch der Newton'schen Mechanik unterworfen sind. Die Erfindung macht sich diese quantenmechanischen Eigenschaften von Elektronen und Ionen in einer eigens dafür vorgesehenen Choreographie - gleichbedeutend und synonym für geometrische Ordnung - zunutze. Ein erster Mechanismus nutzt dabei die aus der Masse geladener Teilchen resultierende Zentrifugalkraft in den vier jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzt angeordneten Magnetfeldebenebenen der Doppelhelix des Plasmavolumens. Der abrupte Wechsel der Zentrifugalkraft in der durch die vier Verbindungspunkte der zentralen Magnetfeldlinie definierten Drehimpulsebene bewirkt ein Drehmoment, das zu einer Verwindung der Magnetfeldlinien führt. Der Radius der Transformationssphäre wirkt dabei als Hebelarm um die jeweiligen Mittelpunkte. In einem zweiten quantenmechanisch wirksamen Mechanismus wechselt die Gyration der Elektronen und Ionen um die Magnetfeldlinien in den jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzt angeordneten Magnetfeldebenebenen der Doppelhelix in einem Umlauf der Teilchen viermal die Drehrichtung in der durch die Verbindungspunkte der zentralen Magnetfeldlinie definierten Drehmomentebene der Doppelhelix, sodass den Teilchen keine Zeit gegeben wird, unerwünschte Scherkräfte zu entwickeln. Durch diesen quantenmechanisch wirksamen Effekt werden die Spurtreue der Teilchen und damit auch ein zeitlich unbegrenzter Plasmaeinschluss sichergestellt.

Die Spurtreue der Teilchen

Zwischen den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Verbindungspunkten sämtlicher Magnetfeldlinien wechselt der Spin in jeder einzelnen Schicht des Plasmavolumens viermal seine Drehrichtung, sodass sich das Drehmoment der Teilchen in zwei Perioden harmonischer Ringschwingungen 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. Es 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 Lösung 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 Kilohertz wird den Teilchen keine Zeit gegeben, durch gyralen Drift die von den Magnetfeldlinien vorgegebene Spur zu verlassen. Deshalb erfüllt die Doppelhelix des Magnetfelds die Funktion eines quantenmechanisch wirksamen Induktionssystems zur Herstellung eines dauerhaften Plasmaeinschlusses in dem Plasmagefäß eines Fusionsreaktors.

Das Plasmagefäß des Fusionsreaktors

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 bevorzugten Ausführungsvariante 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. Beim Fusionsreaktor ist das Plasmagefäß im Querschnitt

kreisrund ausgebildet, und es hält einem Innendruck größer als zehn Bar stand. Hierdurch sind die Kerne von Deuterium als schwere Ionen des Wasserstoffs bei einer Temperatur von 400 Mio. Grad untereinander fusionierbar, wobei auf das radioaktive Tritium verzichtet werden kann. 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.

Das Wärmeübertragungssystem des Fusionsreaktors

In einer ersten Ausführungsvariante des Wärmeübertragungssystems erfolgt die Wärmeübertragung aus dem an seiner Oberfläche mehrere zehntausend Grad heißen Plasmavolumen auf das Plasmagefäß ausschließlich durch Wärmestrahlung mittels der bei der Fusion freigesetzten Neutronen, die sich als neutrale Teilchen unabhängig vom Magnetfeld bewegen und mit hoher Geschwindigkeit auf eine Innenschale des Plasmagefäßes treffen und dabei entweder durch Absorption oder durch mehrfache Reflexion an der Innenschale Wärme an das Plasmagefäß abgeben. Bei der bevorzugten Deuterium-Tritium-Fusion ist vorgesehen, das für die Fusion notwendige Tritium aus Lithium an der Innenschale zu erbrüten. In einer zweiten Ausführungsvariante des Wärmeübertragungssystems ist ein Magnetsystem vorgesehen, das die Übertragung der Wärme aus dem Plasma auf das Plasmagefäß sowohl durch Wärmestrahlung, als auch durch Konvektion und Wärmeleitung ermöglicht. Dieses Magnetsystem umfasst eine Mehrzahl jeweils zwischen den Spulen angeordneter Elektromagnete mit paarweise wirksamen Polen. An der Innenschale des Plasmagefäßes sind die Pole jeweils senkrecht auf die zentrale Magnetfeldlinie ausgerichtet und können durch Umpolung mittels eines quer zu dem Plasmavolumen wirksamen Magnetfelds das Plasmavolumen an zeitlich und räumlich voneinander entfernten Stellen kurzzeitig mit der Innenschale des Plasmagefäßes in Berührung zu bringen, sodass durch Konvektion und Wärmeleitung eine Wärmeübertragung auf das Plasmagefäß ermöglicht wird. Dabei umfassen die Elektromagnete das Plasmagefäß und durchdringen die Außen- und die Innenschale jeweils zwischen den Spulen. Die Pole bilden entweder eine Flächenbündige Oberfläche mit einer Bekleidung der Innenschale aus Wolframplatten, oder sie tragen als erhabene Vorsprünge der Innenschale becherförmige Kappen aus Wolfram. Mit einer auf die Frequenz der

Ringschwingung des Plasmavolumens abgestimmten Schaltung kann das Plasma mit diesem Magnetsystem in Querschwingungen versetzt werden, sodass durch eine temporär und lokal wechselnde Nähe des Plasmavolumens zu der Innenschale des Plasmagefäßes eine Wärmeübertragung auf das in der Wärmeträgerhelix strömende Wärmeträgerfluid ermöglicht wird.

Für die Übertragung der Wärme von der Wärmeträgerhelix auf ein Wärmeträgerfluid ist eine als eine Endlosschleife ausgebildete, zweischalige berippte Wärmeträgerhelix mit einer Innenschale und mit einer Außenschale vorgesehen, wobei ein Kreislaufsystem für ein zweiphasiges Wärmeträgerfluid, z.B. Wasser, zwischen einer von der berippten Wärmeträgerhelix gebildeten Wärmequelle und einer von einem Nutzsysteem gebildeten Wärmesenke vorgesehen ist. Die beiden Schalen der berippten Wärmeträgerhelix sind bevorzugt durch radiale Flanschverbindungen biege-, schub- und torsionssteif untereinander verbunden. Im Rücklauf von einer Wärmesenke wird Wasser oder ein anderes Wärmeträgerfluid 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 Einschuss 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 λ [$W/(m \cdot K)$] 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 $15 \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$ 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.

Das Heizsystem für das Plasmavolumen

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 vorteilhaft. 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 zweischaligen Aufbau diesem Druck besonders gut widerstehen, sodass das Plasma in Richtung der zentralen Magnetfeldlinie komprimiert wird. Diese Plasmakompression verringert den Abstand zwischen den positiv geladenen Ionen der Kerne von Deuterium und Tritium und trägt damit dazu bei, die elektrische Abstoßung zwischen den Kernen, die sogenannte Coulomb-Barriere, zu überwinden. Dabei folgen die Ionen auf den von Endlosschleifen gebildeten Magnetfeldlinien der magnetodynamischen Flussrichtung des Plasmas und werden bevorzugt auf eine Geschwindigkeit von mindestens 1.000 km/s beschleunigt. Die damit verbundene Temperaturerhöhung reicht jedoch nicht aus, um in dem Plasmavolumen die für die Zündung des Plasmas erforderliche Temperatur von bevorzugt mindestens einhundert Millionen Grad Celsius herzustellen. Eine Mehrzahl

unterschiedlicher Mikrowellenröhren bilden ein externes Heizsystem des Fusionsreaktors, wobei die Mikrowellenröhren eine Heizleistung von bevorzugt 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 oder zusätzlich zu dem in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiel 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 zweisehaligen 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 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 zweisehaligen 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

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 ungefähr 4 K 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

Das selbsttragende Tragsystem des Fusionsreaktors nutzt die Tragfähigkeit der einzelnen Systemkomponenten, wie die der zweischaligen Wärmeträgerhelix des Plasmagefäßes, als einen Ringträger und die der radial auf den Mittelpunkt des Fusionsreaktors ausgerichteten Tragprofile der Mikrowellenröhren als Druck- und Zug-Stäbe für ein Raumfachwerk, wobei die Lasten auf einen zentralen Hohlkugelnknoten und zentrale Stützen konzentriert über ein Maschinenfundament in einen tragfähigen Baugrund abgeleitet werden können. Dem Gedanken eines elementierten Bausystems für den Zusammenbau des Fusionsreaktors 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, wobei das von der Doppelhelix gebildete Plasmagefäß als ein Ringträger die Mitte eines mehrlagigen Raumfachwerks bildet. Dabei dient die äußere Gitterschale als Montagerahmen für modular aufgebaute Komponenten des Kühlsystems der Helmholtz-Spulen. Die Elementierbarkeit der Konstruktion ist vorteilhaft für eine weltweit mögliche Montage und rasche Inbetriebnahme von entsprechenden Fusionskraftwerken an geeigneten Standorten. Die industrielle Vorfertigung mit typisierten Knotenpunkten

zwischen den vorgefertigten Elementen und Baugruppen ermöglichen vorteilhaft Aufbau und Montage des vorgeschlagenen Bausystems.

Injektion und Extraktion an dem Fusionsreaktor

Der Einschuss von Atomen oder Molekülen in ein bereits aufgeheiztes, magnetisch eingeschlossenes Plasma wird als Neutral-Injektion 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 Neutralteilchen Deuterium- und bevorzugt Tritium-Atome aufweisen, die einerseits durch ihre Ionisierung das Plasma aufheizen und andererseits als positiv geladene Ionen den Brennstoff für die Kernfusion zeitgenau nachliefern. Bei einem Injektionsverfahren werden sogenannte Pellets, die eine tiefgefrorene Mischung aus Deuterium und bevorzugt auch Tritium enthalten, während der Kernfusion mit einer Geschwindigkeit von bevorzugt 1.000 km/s oder mehr in das Plasmagefäß injiziert. Die Pellets haben eine Masse von nur 1 mg und werden bevorzugt mittels einer Zentrifuge oder einer Gaskanone auf bevorzugt mindestens 1.000 km/s beschleunigt. Da jede der vier Baugruppen des 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 Plasmagefäßes extrahiert und in einem externen Gasbehälter gesammelt.

Das Bausystem und Anwendungen für den Fusionsreaktor

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 bevorzugt minimal 0,6 m bis mehrere 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 quantenmechanisch wirksamen Induktionssystem ist ein fluiddynamisches Gleichgewicht innerhalb des Magnetfelds eines Fusionsreaktors herstellbar, sodass Atomkerne von Deuterium und Tritium bei Temperaturen von 100 bis 400 Millionen Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von bevorzugt mehr als 1.000 km/s kollidieren, und bei stetiger Nachfuhr von Brennstoff, in einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion und bevorzugt ohne zeitliche Begrenzung bzw. zumindest mit für die Wärmeenergieerzeugung ausreichender Zeitdauer zu Helium fusionieren können, wobei im Vergleich zu einer exothermen, chemischen Reaktion eine Million Mal mehr thermische Energie freigesetzt wird.

Weitere vorteilhafte Ausführungsvarianten und Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Figuren hervor.

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 mit 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 dezentralen Magnetfeldlinie an der äußeren Oberfläche in der Perspektive, unten den Fusionsreaktor mit Darstellung der einzelnen Baugruppen und Systeme in der perspektivischen Ausschnittdarstellung,

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 Ionen im schematischen Ausschnitt und unten mit fünf exemplarischen Magnetfeldlinien in perspektivischer Darstellung,

Fig. 9 den Fusionsreaktor nach Fig. 1-8 mit Darstellung verwundener dezentraler Magnetfeldlinien des Plasmavolumens in einer Ausschnittperspektive,

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

Fig. 11 oben erläutert die Verwindung der Magnetfeldlinien des Plasmavolumens am Beispiel von vier exemplarischen Magnetfeldlinien an der äußeren Oberfläche in einer isometrischen Übersicht und unten im schematischen Querschnitt,

Fig. 12 zeigt die Drehimpulsebene der Doppelhelix nach Fig. 11 mit Darstellung der vier exemplarischen Magnetfeldlinien an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens in einer schematischen Aufsicht und vier Querschnitten jeweils an den vier Verbindungspunkten,

Fig. 13 zeigt ein Magnetsystem des Fusionsreaktors nach Fig.1-Fig.12, das dazu ausgebildet ist, das Plasmavolumen temporär und örtlich begrenzt mit der Innenschale des Plasmagefäßes in Berührung zu bringen – oben in einer perspektivischen Übersicht und unten in einer Schnittperspektive des Plasmagefäßes,

Fig. 14 oben zeigt den von links nach rechts abnehmenden Radius der zentralen Magnetfeldlinie des Plasmavolumens zur Erläuterung der Skalierbarkeit des Fusionsreaktors und unten das Plasmavolumen mit der Drehimpulsebene in isometrischer Darstellung.

Ausführliche Figurenbeschreibung

Fig. 1 oben zeigt den Fusionsreaktor 1 für einen stationären magnetischen Einschluss eines Plasmavolumens 2 mit einem von einer Doppelhelix 3 gebildeten Magnetfeld mit Magnetfeldlinien m_1 - m_n , und mit einem von einer Wärmeträgerhelix 21 gebildeten Plasmagefäß 20 für die Aufnahme des um die zentrale Magnetfeldlinie m_1 angeordneten Plasmavolumens 2, mit einem Heizsystem 4 für das Plasmavolumen 2, mit einem Kühlsystem 5 für eine Mehrzahl von Helmholtz-Spulen Q_1 - Q_n , die quer zu der magnetdynamischen Flussrichtung F des Plasmavolumens 2 angeordnet sind, mit einem Wärmeübertragungssystem 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 L_1 - L_5 dargestellt. In der Mitte rechts ist die Abwicklung einer sphärischen Ringschwingung mit zwei Perioden T, T' der zentralen Magnetfeldlinie m_1 im heißen Zentrum des Plasmavolumens 2 dargestellt. Die Ringschwingung hat eine Elongation E , eine Amplitude A eine Frequenz f_1 im Frequenzband von mehreren Kilohertz auf der Zeitachse t , die auch die Nulllinie 0 der Ringschwingung bildet. Die Aufsicht unten zeigt den Chiasmus X der Magnetfeldlinien m_1 mit dem Radius r_1 um den zentralen Mittelpunkt M_1 im heißen Zentrum des Plasmavolumens 2, und den Chiasmus X einer Magnetfeldlinien m_5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2, die mit dem Radius r_1 um den dezentralen bzw. - gleichbedeutend - exzentrischen Mittelpunkt M_5 angeordnet ist. Die Nulllinie 0 der Ringschwingungen verläuft zwischen den Verbindungspunkten J_1 und J_3 der aus vier Halbkreis-Bögen B_1 - B_4 aufgebauten zentralen Magnetfeldlinie m_1 , die mit einem Radius r_1 um den Mittelpunkt M_1 des Fusionsreaktors 1 angeordnet ist. An der Außenseite des Plasmavolumens 2 ist als ein Beispiel aus einer Schar kongruenter räumlicher und elliptischer Bögen B' die bezüglich der zentralen Magnetfeldlinie m_1 dezentrale bzw. – gleichbedeutend – exzentrische Magnetfeldlinie m_5 dargestellt. Als sphärische Ringschwingung mit zwei Perioden T, T' umrundet die Magnetfeldlinie m_5 den Mittelpunkt M_1 des Fusionsreaktors 1 auf einer orbitalen Umlaufbahn U_1 und wechselt dabei an den Verbindungspunkten J_1 - J_4 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 α der genannten geladenen Teilchen (+,-) mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ parallel zu den exemplarisch dargestellten Magnetfeldlinien m_1, m_5 ausgerichtet ist und mit einer vierfachen Umkehr der Drehrichtung der Teilchen, wie Fig. 8-12 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 und bevorzugt 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 2 abgestrahlte Wärme ableitet und einem Nutzsysteem 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.

Anstelle der hier dargestellten Helmholtz-Spulen Q_1-Q_n kann das Magnetfeld der Doppelhelix 3 auch durch spiralförmige Spulen erzeugt werden, die das Plasmagefäß 20 als eine Schleife bzw. dem Plasmagefäß 20 spiralförmig folgend umgeben.

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 J_1 und J_3 der zentralen Magnetfeldlinie m_1 dargestellt, während unten die Nulllinie $0'$ zwischen den Verbindungspunkten J_2 und J_4 dargestellt ist. Die zentrale Magnetfeldlinie m_1 ist mit dem Radius r_1 um den Mittelpunkt M des Fusionsreaktors 1 angeordnet und mittels der vier Scheitelpunkte V_1-V_4 und der vier Verbindungspunkte J_1-J_4 in gleiche Weglängen g, g' 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 Ringschwingungen darstellbar sind.

Fig. 3 oben zeigt das Plasmavolumen 2 nach Fig. 1-2 mit vier exemplarischen dezentralen Magnetfeldlinien m_5 und der zentralen Magnetfeldlinie m_1 in einem schematischen Querschnitt und unten in einer perspektivischen Darstellung mit den vier exemplarischen Magnetfeldlinien m_5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2. Die Nulllinie 0 trennt die beiden Perioden T, T' der auf den Magnetfeldlinien m_5 geführten elektrisch geladenen Teilchen (+,-). Jede der vier dargestellten Magnetfeldlinien m_5 weist eine Endlosschleife bzw. geschlossene Schleife auf und erfüllt mit einander spiegelsymmetrisch gegenüberliegenden Hälften die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen g, g' in beiden Hälften der Doppelhelix 3. Zwischen den Verbindungspunkten J_1 - J_4 und den Scheitelpunkten V_1 - V_4 des von vier Halbkreis-Bögen B_1 - B_4 gebildeten Magnetfelds wechselt der Spin s, s' regelmäßig von einem Up-Spin (s) in einen Down-Spin (s'), sodass sich in einer sphärischen Ringschwingung mit zwei Perioden T, T' der Eigendrehimpuls der Teilchen (+,-) viermal umkehrt und die Teilchen (+,-) auf den Magnetfeldlinien m_5 dabei jeweils an den Verbindungspunkten J_1 - J_4 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 eine Möglichkeit für einen dauerhaften Plasmaeinschluss. Wie in Fig. 8 gezeigt, ist die Drehimpulsachse α der Teilchen mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ parallel zu den Magnetfeldlinien m_1 - m_n angeordnet, und dreht sich in einem Umlauf der Teilchen (+,-) einmal um sich selbst, wobei der Spin s, s' , wie in Fig.4 in der Abwicklung gezeigt, viermal von einem Up-Spin (s) zu einem Down-Spin (s') wechselt, sodass die Elektronen und die ionisierten Kerne von Deuterium und Tritium, wie am Beispiel der Magnetfeldlinien m_5 dargestellt, den Mittelpunkt M_1 des Fusionsreaktors 1 auf der Umlaufbahn U_5 in einer Ringschwingung mit zwei Perioden T, T' umrunden, um am Ausgangspunkt der Ringschwingung wieder den selben Spin-Zustand einzunehmen. Wie in Fig.11 und Fig 12 gezeigt folgen Elektronen und Ionen den Magnetfeldlinien m_1 - m_n und sind dabei in dem Plasmavolumen 2 aufgrund ihrer jeweiligen Masse einer Zentrifugalkraft Z unterworfen. Deshalb bewirkt der vierfache Wechsel der Magnetfeldebene I-IV von jeweils 90 Grad in der Drehmomentebene β' mit einem mechanisch wirksamen Drehmoment R mit dem Hebelarm r_1 um den jeweiligen Mittelpunkt M_1 - M_n der Magnetfeldlinien m_1 - m_n die Verwindung der Magnetfeldlinien m_1 - m_n in Flussrichtung F des Plasmavolumens 2. Am

Beispiel der vier Magnetfeldlinien m_5 an der Außenoberfläche des Plasmavolumens 2 wird die Wirkung der auf beide Hälften der Doppelhelix 3 gleichmäßig verteilten Lorentzkraft deutlich, die gleiche Weglängen g, g' innerhalb der beiden Perioden T, T' der Ringschwingung bewirkt. An den Scheitelpunkten V_1-V_4 erreichen die Ringschwingungen ihre maximale Elongation E_5 und erfüllen wie in Fig. 4 am Beispiel von exemplarischen Schichten L_2-L_4 des Plasmavolumens 2 dargestellt die Symmetriebedingung der gleichen Weglängen g, g' in beiden Hälften der Endlosschleifen.

Fig. 4 zeigt die sphärisch geführten Ringschwingungen der Ionen und Elektronen in den Schichten L_2-L_5 eines beispielhaften Plasmavolumens 2 des Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-14, in der Spalte rechts als Querschnitt der Schichten L_2-L_5 mit dem Radius r_2 , und in den Zeilen links als Abwicklungen mit den Perioden T, T' entlang einer Nulllinie 0 der Ringschwingungen. Die oberste Zeile zeigt eine Ringschwingung mit zwei Perioden T, T' an der äußeren Schicht L_5 des Plasmavolumens 2. Die zweite Zeile zeigt drei Perioden T, T' in der Schicht L_4 , während die Schicht L_3 vier Perioden T, T' und die Schicht L_2 fünf Perioden T, T' der Ringschwingungen zeigen. In Zeile zwei und Zeile vier fehlt jeweils eine Periode T' zu einem vollständigen Umlauf der Ionen und Elektronen, die innerhalb eines Umlaufs immer zwei Perioden T, T' , jeweils mit einer vierfachen Umkehr der Drehrichtung des Spin s, s' benötigen, um mit einer Winkelsumme von 720 Grad wieder im gleichen Spin-Zustand an den Verbindungspunkt J_1 eines Umlaufs zurückzukehren. Wie in Zeile eins und zwei gezeigt nehmen dabei mit zunehmender Nähe zu der zentralen Magnetfeldlinie m_1 im Zentrum des Plasmavolumens 2 Frequenz und Anzahl der Perioden T, T' in einer Reihe von geraden Zahlen zu. Eine harmonische Ringschwingung ist durch vier Verbindungspunkte J_1-J_4 , die wie in Fig. 11-12 gezeigt jeweils in einer Drehimpulsebene β' liegen gekennzeichnet. Die Abwicklungen zeigen die jeweils gleichen Weglängen g, g' für Ionen und Elektronen auf den Magnetfeldlinien m_1-m_5 den beiden Perioden T, T' eines Umlaufs, wobei der Spin s, s' , wie in Fig. 11-12 gezeigt, innerhalb von zwei Perioden T, T' viermal von einem Up-Spin s zu einem Down-Spin s' wechselt. Die vertikal gelisteten Bezugszeichen zeigen für die Ringschwingungen in den einzelnen Schichten L_2-L_5 des Plasmavolumens 2 jeweils eine gleiche Elongation E , Amplitude A und Wellenlänge λ an. Wie in Fig. 10 gezeigt definiert der Durchmesser r_2 des Plasmavolumens 2 einen Raum für die in jeder Schicht L_1-L_n wechselnde Anordnung der Mittelpunkte M_1-M_n der jeweiligen

Transformationssphäre in den Schichten L2-Ln des Plasmavolumens 2. Alle Magnetfeldlinien m1-m5 haben in der Abwicklung die gleiche Länge und liegen an der Oberfläche einer virtuellen Transformationssphäre mit dem Radius r1, sodass das vorgestellte Orbitalmodell einer Doppelhelix die mathematischen und geometrischen Vorschriften, die an Teilchen mit der Spin-Quantenzahl 1/2 gestellt sind, erfüllt. Die Nulllinie 0 kann auch als eine Zeitachse t wahrgenommen werden, auf der der Puls der Zeit durch eine gerade Anzahl von Ringschwingungen gekennzeichnet ist. Im Fall des in Fig. 1-Fig. 14 gezeigten Fusionsreaktors 1 mit der von außen nach innen zunehmenden Frequenz f2-f5 der Ringschwingungen wird den geladenen Teilchen keine Zeit gegeben, etwa unter dem Einfluss ihrer Kreiselwirkung durch Driftbewegungen von ihnen durch die Magnetfeldlinien m1-mn vorgegebenen Umlaufbahnen abzuweichen.

Fig. 5 zeigt den Fusionsreaktor 1 nach Fig. 1, oben mit Darstellung der zentrale Magnetfeldlinie m1 und einer exemplarischen Magnetfeldlinie m5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2. Zwei Nulllinien 0,0', an denen jeweils zwei Perioden T,T' wahlweise zu einer Ringschwingung verbindbar sind, stehen auch für eine mögliche Phasenverschiebung der Ringschwingungen 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 m1 ist aus vier Halbkreisbögen 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 r1 der zentralen Magnetfeldlinie m1 um den Mittelpunkt M1 des Fusionsreaktors 1. Die Ausschnittperspektive unten zeigt das aus sechzehn Gefäßmodulen C1-C16 aufgebaute Plasmagefäß 20, das von zweiunddreißig, jeweils radial auf den Mittelpunkt M1 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 eines Wärmeübertragungssystems 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.

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 einen longitudinalen Abstand d'' voneinander entfernte Helmholtz-Spulen Q1-Q2 zugeordnet, die mit einem Kühlsystem 5 mit flüssigem Helium auf eine Temperatur von ungefähr 4 K 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 U1 des konzentrisch zu der zentralen Magnetfeldlinie $m1$ mit dem Radius $r1$ um den Mittelpunkt M1 angeordneten Plasmavolumens 2 ist durch den Radius $r1$ der zentralen Magnetfeldlinie $m1$ definiert. Der Querschnitt durch das Gefäßmodul C1 zeigt die zweischalig aufgebaute, berippte Wärmeträgerhelix 21, die einen Arbeitsraum für das 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 bevorzugt von Wasser gebildete zweiphasige Wärmeträgerfluid 22 zu beteiligen.

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 eines Langlöcher aufweisenden Wärmeübertragungssystems 6 zur Durchleitung des Wärmeträgerfluides 22. Ein Dichtungsring 27 stellt eine hitzebeständige, dampf- und wasser-beständige 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 m1 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. Die Magnetfeldlinie m1 liegt exakt in der Mitte des kreisrunden Plasmagefäßes 20; da aber das von den Helmholtz-Spulen Q1-Qn bewirkte Magnetfeld an der dem in Fig.6 dargestellten zentralen Mittelpunkt M1 zugewandten Seite des Plasmavolumens 2 stärker ist als an der dem Mittelpunkt M1 abgewandten Außenseite, ist die Schichtdicke in den einzelnen Schichten L1-Ln und der Abstand d des Plasmavolumens 2 zu der Innenschale 23 auf der dem zentralen Mittelpunkt M1 zugewandten Seite des Plasmavolumens 20 jeweils geringer als an der dem Mittelpunkt M1 abgewandten Außenseite.

Fig. 8 oben zeigt einen Ausschnitt des Magnetfelds der Doppelhelix 3 mit Darstellung der Flussrichtung F des Plasmavolumens 2. Das Schema zeigt geladene Teilchen (+,-) die sich, aufgrund ihrer durch das Magnetfeld der in Fig. 1 und Fig.5 gezeigten Helmholtz-Spulen Q1-Qn, eingeschränkten Bewegungsfreiheit auf Schraubenlinien mit unterschiedlichen Gyrationradien r7 und mit einer jeweils unterschiedlichen Drehrichtung von den Magnetfeldlinien m1-m5 entfernen. Dabei hängt der Gyrationradius r7 von der Masse der Teilchen und der Stärke des Magnetfelds ab und ist im Falle eines Ions größer als bei einem Elektron. Unten ist das Plasmavolumen 2 mit der gestrichelt dargestellten zentralen Magnetfeldlinie m1 und der vier

exemplarischen dezentralen Magnetfeldlinien m_5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2 dargestellt. Das von den in Fig.1 und Fig. 5 gezeigten Helmholtz-Spulen Q_1-Q_n erzeugte Magnetfeld und der Chiasmus X der Magnetfeldlinien m_1-m_n , bewirken, 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 r_2 des Plasmavolumens 2 und der Gyrationradius r_7 der Teilchen die Anzahl der Magnetfeldlinien m_1-m_n und die Schichtdicke in den schlauchförmigen helikalen Schichten L_1-L_n des Plasmavolumens 2. Stellvertretend für alle Elektronen und Ionen auf allen Magnetfeldlinien m_1-m_n ist ein geladenes Teilchen (+,-) exemplarisch auf der Magnetfeldlinien m_1 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 α mit einer Drehimpulsebene β . Aufgrund der Lorentzkraft ist die Drehimpulsebene β des Teilchens auf den dargestellten Umlaufbahnen U_1, U_5 jeweils quer zu den Magnetfeldlinien m_1-m_n ausgerichtet und durchläuft, wie in Fig. 9 dargestellt, vier Halbkreis-Bögen B_1-B_4 , innerhalb derer sich der Drehimpuls der Teilchen, wie in Fig.11-12 mit der Drehimpulsebene β' gezeigt, viermal umkehrt. Zwischen den Verbindungspunkten J_1-J_4 und den Scheitelpunkten V_1-V_4 kehrt sich das Drehmoment der Teilchen (+,-) in der Drehimpulsebene β' 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 U_1-U_n eines Teilchens, die von Paul Dirac in seiner berühmten Gleichung formulierten Gesetzmäßigkeiten des Spins, die erfüllt sein müssen, damit ein Teilchen in einem Umlauf wieder im selben Spin-Zustand an seinen Ausgangspunkt zurückkehrt. Während die Elektronenhülle eines Atoms durch eine sphärische Fläche beschreibbar ist, sind die in Fig. 1-7 vorgestellten helikalen schlauchförmigen Flächen in analoger Weise mit der im Fall eines Atoms eingehend untersuchten Aufenthaltswahrscheinlichkeit für ein Elektron der Elektronenhülle kompatibel.

Fig. 9 zeigt das Plasmavolumen 2 des Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-8, bei dem die zentrale Magnetfeldlinie m_1 vier Halbkreis-Bögen B_1-B_4 mit dem Radius r_1 aufweist, während die dezentralen Magnetfeldlinie m_2-m_n die äußeren Oberfläche des

Plasmavolumens 2 eine Schar verwundener, elliptischer Bögen B'1-B'4 aufweist, die in den beiden Hälften der Doppelhelix 3 jeweils gleich lang sind. Da das Magnetfeld in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix 3 gleich groß ist, und da wie in Fig. 11 und 12 gezeigt ein aus der Masse der Teilchen (+,-) resultierendes Drehmoment R für die Verwindung der Magnetfeldlinien m1-mn genutzt wird, stellt sich die Verwindung der Magnetfeldlinien m1-mn ohne weiteres Zutun von selbst ein, sodass in beiden Hälften der Doppelhelix 3 ein magnetdynamisches Gleichgewicht des Plasmavolumens 2 mit der Flussrichtung F herstellbar ist. Vier Verbindungspunkte J1-J4 liegen wie in Fig. 11 und 12 gezeigt in einer gemeinsamen Drehimpulsebene β' und unterteilen die Magnetfeldlinie m1 in vier gleiche Bögen (B1-B4), wobei die dezentralen Magnetfeldlinien m2-mn durch analoge Verbindungspunkte ebenfalls in vier gleich lange räumliche und elliptische Bögen B'1-B'4 unterteilt sind in denen der Spin s,s' jeweils von einem Up-Spin s in einen Down-Spin s' wechselt. Dabei kommt es zu einer vierfachen Umkehr des Eigendrehimpulses der Teilchen (+,-), die für den Erhalt ihrer Bahnstabilität genutzt wird. Mit diesem quantenmechanisch wirksamen Induktionssystem für das sphärische Magnetfeld eines Fusionsreaktors 1 kann die Bildung gasdynamischer Unregelmäßigkeiten in dem Schichtgefüge des Plasmavolumens 2, die mit einem unerwünschten Wärmetransport durch Scherkräfte Y 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 oder dreißig Zentimetern des Plasmagefäßes kann ein Plasma gezündet werden und der Fusionsvorgang als Kettenreaktion in Gang gesetzt werden.

Fig. 10 zeigt mit Bezug auf Fig. 8 und Fig. 9 die geometrische Ordnung des von einer Doppelhelix 3 gebildeten Magnetfelds mit Darstellung der fünf repräsentativen Magnetfeldlinien m1,m5 die jeweils auf einer virtuellen Sphäre mit dem Radius r1 liegen. Während die zentrale Magnetfeldlinie m1 mit dem Radius r1 um den zentralen Mittelpunkt M1 angeordnet ist, sind vier repräsentative dezentrale Magnetfeldlinien m5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2 jeweils mit dem Radius r1 um vier dezentrale Mittelpunkte M5 angeordnet. Die Magnetfeldlinie m1 ist durch die Verbindungspunkte J1-J4 und die Scheitelpunkte V1-V4 in acht gleiche Abschnitte und in vier jeweils gleiche Halbkreisbögen B1-B4 unterteilt. Die dezentralen Magnetfeldlinien m2-mn sind durch analoge Verbindungs- und Scheitelpunkte in vier räumliche und

elliptische Bögen B'1-B'4 unterteilt, die an der Oberfläche einer virtueller Sphäre mit dem Radius r_1 liegen. Dies gilt sowohl für die vier gezeigten dezentralen Magnetfeldlinien m_2 - m_5 an der Außenseite des Plasmavolumens 2 als auch für die in Fig. 7 gezeigten konzentrisch um die Magnetfeldlinie m_1 angeordneten dezentralen Magnetfeldlinien m_2 - m_n in den einzelnen Schichten L1-Ln des Plasmavolumens 2. Eine virtuelle Kugel mit dem Radius r_2 des Plasmavolumens 2 ist konzentrisch zu dem zentralen Mittelpunkt M1 der zentralen Magnetfeldlinie m_1 angeordnet, wobei die dezentralen Magnetfeldlinien m_5 an der Oberfläche virtueller Sphären mit dem Radius r_1 angeordnet sind und innerhalb einer virtuellen Kugel um den zentralen Mittelpunkt M1 angeordnet sind. 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 $1/2$. 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 3 mit den für Fermionen geltenden Regeln vereinbar ist.

Fig. 11 zeigt exemplarisch vier dezentrale Magnetfeldlinien m_5 an der äußeren Oberfläche des Plasmavolumens 2 des Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-10. Zur Veranschaulichung der Verwindung der Magnetfeldlinien m_5 ist ein Ausschnitt des an sich runden Plasmavolumens 2 mit einem viereckigen Querschnitt dargestellt. Die vier Verbindungspunkte J1-J4 der in Fig.12 gestrichelt gezeigten zentralen Magnetfeldlinie m_1 definieren eine Drehimpulsebene β' um den zentralen Mittelpunkt M1. Elektronen und Ionen bewegen sich im Plasma auf den Magnetfeldlinien m_1 - m_n , angetrieben von den in Fig.1 und Fig.2 dargestellten Helmholtz-Spulen Q1-Qn. Da die Lorentzkraft Elektronen und Ionen auf eine Geschwindigkeit von 1.000 km/s beschleunigt und die geladenen Teilchen eine Masse haben, wirkt an jedem der vier Verbindungspunkte V1-V4 der in Fig12 gestrichelt dargestellten zentralen Magnetfeldlinie m_1 ein Drehmoment R in der Drehmomentebene β' sodass sich die Magnetfeldlinien m_1 - m_n aufgrund der auf Ionen und Elektronen einwirkenden Zentrifugalkraft Z ohne weiteres Zutun verwinden. Wie in Fig. 1 und Fig. 5 dargestellt, sind die Helmholtz-Spulen Q1-Qn auf der dem Mittelpunkt M1 zugekehrten Innenseite des Plasmavolumens 2 dichter

angeordnet als auf der Außenseite, sodass die Schichten L1-Ln des Plasmavolumens eine leichte Asymmetrie aufweisen. Nach dem dritten Newton'schen Satz induziert das von den Helmholtz-Spulen Q1-Qn erzeugte Magnetfeld mit der in Flussrichtung F des Plasmastroms wirkenden Lorentzkraft ein jeweils senkrecht zur Lorentzkraft wirkendes elektrisches Wirbelfeld, das eine Gyration der Teilchen (+,-) um die Magnetfeldlinien m1-mn herum bewirkt. Dabei gilt: Je stärker das Magnetfeld ist desto größer ist der in Fig.8 gezeigte Gyrationradius r_7 der Elektronen und Ionen. Bei herkömmlichen Fusionsreaktoren zerstört diese Gyration der Teilchen (+,-) die Schichtstruktur des Plasmavolumens 2, sodass bisherige Fusionsexperimente nur eine relativ kurze Laufzeit haben. Die aus der Gyration der Teilchen (+,-) resultierenden, quer zur Flussrichtung des Plasmas wirkenden Scherkräfte Y sind durch die schwarzen Pfeile repräsentiert. Man erkennt, dass in der gemeinsamen Drehimpulsebene β' der Teilchen (+,-) sowohl die Zentrifugalkraft Z als auch die Querkraft Y mit einem vierfachen Drehmoment R die Verwindung der jeweiligen Magnetfeldlinien bewirken. Das Plasmavolumen 2 organisiert sich deshalb von selbst, ohne die Notwendigkeit zusätzlicher Spulen derart, dass alle Magnetfeldlinien m1-mn die gleiche Länge haben und auf der Oberfläche einer Transformationssphäre mit dem Radius r1 liegen.

Fig. 12 zeigt die Drehimpulsebene β' nach Fig.11 in einer Aufsicht mit Darstellung des vierfachen Drehmoments R, das an den Verbindungspunkten J1-J4 wie in Fig.11 gezeigt für Elektronen und Ionen jeweils in Flussrichtung F des Plasmas wirksam ist und zu der Verwindung der vier exemplarisch dargestellten Magnetfeldlinien m5 führt. Es sind also die im Plasmavolumen 2 wirkenden Zentrifugalkräfte Z und die Scherkräfte Y, die eine selbstorganisierte Verwindung der dezentralen Magnetfeldlinien m2-mn bewirken. Die Bahnstabilität von Elektronen und Ionen wird dabei durch einen viermaligen Wechsel des Spins s,s' der Teilchen (+,-) von einem Up-Spin s zu einem Down-Spin s', der jeweils an den Verbindungspunkten J1-J4 einsetzt, dadurch erreicht dass sich die Drehrichtung der Teilchen (+,-) in einem Umlauf viermal ändert und damit den Teilchen keine Zeit gegeben wird, den quer zur Flussrichtung F des Plasmas wirkenden Kräften Y,Z zu folgen.

Fig. 13 zeigt den Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-12, der über ein Magnetsystem 9, das von einer Mehrzahl jeweils zwischen den Spulen Q1-Qn angeordneten Elektromagneten mit paarweise wirksamen Polen P1-Pn gebildet wird, verfügt. An der

Innenschale 23 des Plasmagefäßes 20 liegen die Pole P1-Pn einander gegenüber und sind jeweils senkrecht zu der Innenschale 23 auf die zentrale Magnetfeldlinie m1 ausgerichtet. Das Magnetsystem 9 ist dazu ausgebildet mittels einer nicht näher dargestellten Schaltvorrichtung für Gleichstrom in dem Plasmavolumen 2, durch Umpolung der Pole P1-Pn eine Querschwingung zu erzeugen, die ein quer zu dem sphärischen Magnetfeld der Spulen Q1-Qn das Plasmavolumen 2 an zeitlich und räumlich voneinander entfernten Stellen kurzzeitig mit der Innenschale 23 des Plasmagefäßes 20 in Berührung bringen. Dadurch wird eine Wärmeübertragung von dem Plasmavolumen 2 auf das Plasmagefäß 20 durch Konvektion und Wärmeleitung ermöglicht. Dabei umklammern die Elektromagnete 9 das Plasmagefäß 20 und durchdringen die Außen- und die Innenschale 24,23 jeweils zwischen den Spulen Q1-Qn. Die Innenschale 23 trägt eine Bekleidung aus Wolframplatten die im Bereich der Pole P1-Pn Kappen aus Wolfram aufweist.

Fig. 14 zeigt die Skalierbarkeit des Fusionsreaktors 1 nach Fig. 1-13. Anders als bei Fusionsreaktoren der Bauart Tokamak, bei denen der Radius r_1 größer werden muss um die Energieeinschlusszeit zu verlängern, zeigt das Schema oben das Plasmavolumen 2 eines erfindungsgemäßen Fusionsreaktors 1 mit einem von links nach rechts abnehmenden Radius r_1 der zentralen Magnetfeldlinie m1 um den Mittelpunkt M1. Unten ist das Plasmavolumen 2 des Fusionsreaktors 1 als isometrische Doppelhelix 3 mit der durch die vier Verbindungspunkte J1-J4 aufgespannten Drehimpulsebene β' dargestellt. Der Raum den das Plasmavolumen 2 der Doppelhelix 3 beansprucht ist einem Würfel einbeschrieben, dessen Kantenlänge entsprechend der oben gezeigten Reihenfolge abnimmt: Die Kantenlänge würde sich im Fall eines Fusionsreaktors, bei dem der Radius r_2 des Plasmavolumens 2 etwa 2,0 Meter beträgt und damit dem Iter-Experiment vergleichbar ist, auf 22,0 Meter belaufen, im Fall eines Fusionsreaktors, bei dem der Radius r_2 des Plasmavolumens 2 etwa 1,2 Meter beträgt und damit dem Jet-Experiment vergleichbar ist, auf 12,0 Meter, im Fall eines Fusionsreaktors, bei dem der Radius r_2 des Plasmavolumens 2 etwa 0,60 Meter beträgt und damit dem Asdex-U Experiment vergleichbar ist, auf 6,0 Meter, und im Fall eines Fusionsreaktors, bei dem der Radius r_2 des Plasmavolumens 2 etwa 0,3 Meter beträgt und damit dem Compass-D Experiment vergleichbar ist, auf 3,0 Meter. Mit dem erfindungsgemäßen permanenten Einschluss des Plasmavolumens 2 beträgt der Radius r_2 im Minimum nur fünfzehn Zentimeter. Damit würde Energie aus der

Kernfusion für unterschiedliche Aufgaben zur Verfügung stehen. Eine erste naheliegende Anwendung wäre die Integration des Fusionsreaktors in ein Containerschiff. Bei diesem visionären Konzept ist vorgesehen, die für die Zündung des Plasmas erforderliche elektrische Energie in stationären Kraftwerken zu erzeugen und über elektrische Leitungen mit lösbaren Verbindungen auf das jeweilige Fahrzeug zu übertragen. Im Fahrzeug selbst wird durch kontinuierliche Zufuhr von Deuterium und Tritium, dem Brennstoff des als Kettenreaktion ablaufenden Fusionsprozesses, das Plasma unter Feuer gehalten, sodass aufgrund des gewaltigen Energieüberschusses die Energie für die Supraleitung der Spulen, das Kühlsystem der Spulen und das Heizsystem des Plasmas jeweils an Bord erzeugt werden kann. Das Fusionsprodukt Helium wird aus dem Plasmagefäß abgesaugt und in Tanks gesammelt und stellt als ein begehrtes Abgas aus der Kernfusion selbst einen wertvollen Rohstoff dar.

Naturgemäß sind im Rahmen der Erfindung vielfältige Abwandlungen und Modifikationen möglich.

Bezugszeichenübersicht

Fusionsreaktor	1	Amplituden	A1-An
Plasmavolumen	2	Magnetfeldebene	I-IV
Plasmagefäß	20	Drehimpulsachse	α
Wärmeträgerhelix	21	Drehimpulsebene	β, β'
Wärmeträgerfluid	22	Bögen	B, B'
Innenschale	23	Gefäßmodule	C1-Cn
Außenschale	24	Abstand	d, d', d''
Längsrippen	25	Elongation	E
Flanschverbindung	26	Flussrichtung	F
Dichtungsring	27	Frequenz	f2-fn
Doppelhelix	3	Weglängen	g, g'
Heizsystem	4	Verbindungspunkte	J1-J4
Mikrowellenröhre	40	Schichten	L1-Ln
Tragprofil	41	Wellenlänge	λ
Fenster	42	Magnetfeldlinie	m1-mn
Kühlsystem	5	Mittelpunkt	M1-Mn
Wärmeübertragungssystem	6	Vakuum	N
Wärmequelle	60	Pole	P1-Pn
Eingang	61	Helmholtz-Spulen	Q1-Qn
Ausgang	62	Längsmittelachse	q
Tragsystem	7	Perioden	T, T'
Raumfachwerk	70	Radien	r1-r7
Hohlkugelknoten	71	Drehmoment	R
Stütze	72	Spin	s, s'
Injektionssystem	8	Zeitachse	t
Magnetsystem	9	Orbitale Umlaufbahnen	U1-Un
Nulllinie	0, 0'	Chiasmus	X
Scheitelpunkte	V1-V4	Querkraft	Y
Teilchen	(+, -)	Zentrifugalkraft	Z

Patentansprüche

1. Fusionsreaktor (1), welcher ein Plasmagefäß (20), Spulen (Q1-Qn), ein Kühlsystem (5), ein Heizsystem (4), ein Wärmeübertragungssystem (6), ein Tragsystem (7) und ein Injektionssystem (8) aufweist, welches Plasmagefäß (20) um einen zentralen Mittelpunkt (M) herum vorgesehen ist, ein Plasmavolumen (2) definiert und von den Spulen (Q1-Qn) umfangen ist, welche Spulen (Q1-Qn) Helmholtz-Spulen oder spiralförmige Spulen umfassen und dazu ausgebildet sind, im Plasmavolumen (2) ein Magnetfeld mit Magnetfeldlinien (m1, m2-mn) auszubilden, welche Magnetfeldlinien (m1, m2-mn) eine zentrale Magnetfeldlinie (m1) umfassen, wobei die Spulen (Q1-Qn) jeweils konzentrisch um die zentrale Magnetfeldlinie (m1) herum angeordnet sind, welche zentrale Magnetfeldlinie (m1) in einer geschlossenen Schleife aus vier gleichen halbkreisförmigen Bögen (B1-B4) mit vier Scheitelpunkten (V1-V4) und vier in einer Ebene liegenden Verbindungspunkten (J1-J4) auf einer virtuellen ersten Sphäre mit einem ersten Radius (r1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) herum liegt, welches Kühlsystem (5) zur Kühlung der Spulen (Q1-Qn) vorgesehen ist, welches Heizsystem (4) zum Aufheizen eines Plasmas im Plasmagefäß (20) vorgesehen ist, welches Wärmeübertragungssystem (6) dazu vorgesehen ist, Wärme aus dem Fusionsprozess auf ein NutzsysteM zu übertragen, welches Injektionssystem (8) zur Injektion eines Brennstoffs in das Plasmagefäß (20) vorgesehen ist, und welches Tragsystem (7) dazu ausgebildet ist, das Plasmagefäß (20) zu tragen.
2. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 1, welcher dazu ausgebildet ist, einen Brennstoff, der
 - Deuterium, oder
 - Deuterium und Tritiumaufweist, in das Plasmagefäß zu injizieren.
3. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem das Plasmagefäß (20) im Querschnitt kreisförmig oder oval ausgebildet ist.

4. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Plasmagefäß (20) eine Innenschale (23) und eine Außenschale (24) aufweist, wobei zwischen der Innenschale (23) und der Außenschale (24) eine berippte Wärmeträgerhelix (21) ausgebildet ist, welche einen Eingang (61) und einen Ausgang (62) aufweist und einen Arbeitsraum für ein Wärmeträgerfluid (22) bildet.
5. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 4, welcher eine Dampfturbine aufweist, welche Dampfturbine mit dem Ausgang (62) und mit dem Eingang (61) fluidtechnisch verbunden ist, um einen Kreislauf für das Wärmeträgerfluid (22) zu bilden.
6. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 4 oder 5, bei dem das Plasmagefäß (20) an seinem unteren Eingang (61) einen Tiefpunkt und an seinem oberen Ausgang (62) einen Hochpunkt aufweist, wobei die Innenschale (23) des Plasmagefäßes (20) eine Bekleidung aus Wolframplatten trägt und sich Schlacken aus dem Fusionsprozess und aus dem Abrieb der Bekleidung aus Wolfram an dem Tiefpunkt des Plasmagefäßes (20) sammeln.
7. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Plasmagefäß (20) aus Gefäßmodulen (C1-Cn) ausgebildet ist, welche Gefäßmodule (C1-Cn) bevorzugt durch radiale Flanschverbindungen (26) miteinander biege-, schub- und torsionssteif sowie mit einem Dichtungsring (27) druck- und dampfdicht verbunden sind.
8. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 7, bei welchem die Gefäßmodule (C1-Cn) Durchbrüche für das Injektionssystem (8) aufweisen, um eine Injektion von Brennstoff in die Gefäßmodule (C1-Cn) durch die Durchbrüche hindurch zu ermöglichen.
9. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 7 oder 8, welcher eine Mehrzahl gleicher Gefäßmodule (C1-Cn) aufweist.
10. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Heizsystem (4) eine Mehrzahl von Mikrowellenröhren (40) aufweist, welche Mikrowellenröhren (40) ein Fenster (42) aufweisen, wobei das Fenster (42) der Mikrowellenröhren (40) jeweils eine Verbindung zu dem in dem Plasmagefäß (20) eingeschlossenen und zu beheizenden Plasmavolumen (2) eröffnet.

11. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 10, bei welchem die Mikrowellenröhren (40) ein Tragprofil (41) ausbilden, und bei welchem die Tragprofile (41) als Fachwerkstäbe auf den zentralen Mittelpunkt des Fusionsreaktors (1) ausgerichtet sind und einerseits mit dem Plasmagefäß (20) und andererseits mit einem konzentrisch zu einem im zentralen Mittelpunkt (M1) angeordneten Hohlkugelnknoten (71) verbunden sind, sodass ein auf den zentralen Mittelpunkt (M1) zentriertes Raumfachwerk (70) gebildet ist.
12. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei dem die Spulen (Q1-Qn) allseitig von dem Kühlsystem (5) umgeben und gegenüber dem Plasmagefäß (20) durch ein Vakuum (N) isoliert sind.
13. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorausgehenden Ansprüche, bei welchem die zentrale Magnetfeldlinie (m1) von dezentralen Magnetfeldlinien (m2-mn) umgeben ist, welche dezentralen Magnetfeldlinien (m2-mn) jeweils auf einer zugeordneten schlauchförmigen Fläche einer Doppelhelix (3) angeordnet sind, welche schlauchförmigen Flächen konzentrisch um die zentrale Magnetfeldlinie (m1) angeordnet sind und diese in einer Mehrzahl von Schichten (L1-Ln) umgeben, wobei das von den Spulen (Q1-Qn) bewirkte Magnetfeld in Funktionseinheit mit der quer zu den Magnetfeldlinien (m1,m2-mn) wirkenden Lorentzkraft und einem Chiasmus (X) der 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, und wobei sich die Teilchen zumindest teilweise entlang der Magnetfeldlinien bewegen.
14. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 13, bei dem die dezentralen Magnetfeldlinien (m2-mn) jeweils an der Oberfläche einer virtuellen Transformationssphäre mit dem ersten Radius (r1) liegen, wobei die Transformationssphären relativ zum zentralen Mittelpunkt (M1) dezentrale Mittelpunkte (M2-Mn) aufweisen, die während eines Umlaufs der Teilchen (+,-) in den einzelnen konzentrischen Schichten (L1-Ln) des Plasmavolumens (2) auf einer virtuellen Sphäre um den zentralen Mittelpunkt (M1) der zentralen Magnetfeldlinie (m1) angeordnet sind, deren Radius einem zweiten Radius (r2) des Plasmavolumens (2) entspricht und die Spulen (Q1-Qn) in den spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Doppelhelix (3) mit einem jeweils gleich starken Magnetfeld eine jeweils gleich große Lorentzkraft bewirken, und sich die dezentralen Magnetfeldlinien (m2-mn) in den einzelnen Schichten (L1-Ln) des Plasmavolumens (2) als eine Schar kongruenter

Kurven mit analogen Verbindungs- und Scheitelpunkten in gewundenen geschlossenen Schleifen um die zentrale Magnetfeldlinie (m_1) winden, wobei jede einzelne dezentrale Magnetfeldlinie (m_2 - m_n) vier räumlich verlaufende elliptische Bögen ($B'1$ - $B'4$) aufweist und die beiden spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften in den Umlaufbahnen (U_2 - U_n) der Teilchen (+,-) um die dezentralen Mittelpunkte (M_2 - M_n) jeweils gleich lang sind.

15. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 13 oder 14, welcher dazu ausgebildet ist, nach Zündung des Plasmas durch die von den Spulen (Q_1 - Q_n) erzeugten Magnetfeldlinien (m_1 - m_n) unter Ausnutzung der Lorentzkraft und des Eigendrehimpulses der Teilchen (+,-) des Plasmas die magnetdynamische Flussrichtung (F), die Orientierung der Drehimpulsachse (α) der Teilchen (+,-) und die Orientierung der Drehimpulsebene (β) der Teilchen (+,-) zu bestimmen, wobei beide Perioden (T, T') einer Ringschwingung durch eine Nulllinie ($0, 0'$) in zwei spiegelbildlich einander gegenüberliegende Hälften teilbar sind, welche Nulllinie ($0, 0'$) zwischen zwei der Verbindungspunkte ($J_1, J_3; J_2, J_4$) vorgesehen ist, und wobei sich die Ringschwingungen in den einzelnen Schichten (L_1 - L_n) des Plasmavolumens (2) jeweils durch schichtspezifische Frequenzen (f_2 - f_n) unterscheiden.

16. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 15, bei dem die dezentralen Magnetfeldlinien (m_2 - m_n) vier räumlich verlaufende elliptische Bögen ($B'1$ - $B'4$) aufweisen, und bei dem die Spulen (Q_1 - Q_n) in Funktionseinheit mit dem Chiasmus (X) der Magnetfeldlinien (m_1 - m_n) gleiche Weglängen (g, g') für geladene Teilchen (+,-) in den einander spiegelbildlich gegenüberliegenden Hälften bewirken, wobei Teilchen (+,-) mit der Spin-Quantenzahl $1/2$ mit der durch die Spulen (Q_1 - Q_n) bewirkten Kraft innerhalb des Magnetfelds derart wechselwirken, dass sich ihre Drehimpulsebenen (β) senkrecht und ihre Drehimpulsachsen (α) parallel zu den Magnetfeldlinien (m_1 - m_n) 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 gleichen Bögen (B_1 - B_4) der zentralen Magnetfeldlinie (m_1) oder in jedem der vier räumlich verlaufenden elliptischen Bögen ($B'1$ - $B'4$) der dezentralen Magnetfeldlinien (m_2 - m_n) einmal von einem Up-Spin in einen Down-Spin wechselt, wobei sich die Drehimpulsachse (α) gleichzeitig in einem Umlauf der Teilchen mit einer Winkelsumme von 360 Grad einmal um sich selbst dreht, sodass mit einem magnetdynamischen Gleichgewicht in den spiegelbildlich einander

gegenüberliegenden Hälften die Bahnstabilität der Teilchen (+,-) herstellbar ist.

17. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 15 oder 16, bei dem die Magnetfeldlinie (m1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) eine Leitlinie für die Ausbildung sphärischer Ringschwingungen bildet, wobei sich die Drehimpulsachsen (α) 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 ist, indem sich das Drehmoment der Teilchen zwischen den beiden Perioden der Ringschwingung in den beiden spiegelbildlich einander gegenüberliegenden Hälften der Magnetfeldlinien (m1-mn) gegenseitig aufhebt, sodass ein fluiddynamisches Gleichgewicht der magnetischen Kräfte bewirkt wird, wobei der 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) zurückkehren.

18. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die vier mit dem ersten Radius (r1) um den zentralen Mittelpunkt (M1) angeordneten halbkreisförmigen Bögen (B1-B4) der zentralen Magnetfeldlinie (m1) vier jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzte Magnetfeldebene (I-IV) aufspannen, die mit den in einer Ebene liegenden Verbindungspunkten (J1-J4) der zentralen Magnetfeldlinie (m1) eine gemeinsame Drehmomentebene (β') für die Magnetfeldlinien (m1-mn) definieren.

19. Fusionsreaktor (1) nach Anspruch 18, welcher dazu eingerichtet ist, dass Elektronen und Ionen den Magnetfeldlinien (m1-mn) folgen und in dem Plasmavolumen (2) aufgrund ihrer jeweiligen Masse einer Zentrifugalkraft (Z) unterworfen sind, wobei mit dem vierfachen Wechsel der Magnetfeldebene (I-IV) von jeweils 90 Grad in der Drehmomentebene (β') ein mechanisch wirksames Drehmoment (R) mit dem Hebelarm (r1) um den jeweiligen Mittelpunkt (M1-Mn) der Magnetfeldlinien (m1-mn) die Verwindung der Magnetfeldlinien (m1-mn) in Flussrichtung (F) des Plasmavolumens (2) bewirkt.

20. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher dazu eingerichtet ist, Elektronen und Ionen durch die Lorentzkraft quer zu den Magnetfeldlinien zu beschleunigen, wobei die Elektronen oder Ionen deshalb gezwungen sind, sich von den Magnetfeldlinien (m_1 - m_n) zu entfernen, indem sie sich auf spiralförmigen Bahnen mit einem Gyrationradius (r_7) um die Magnetfeldlinien (m_1 - m_n) schrauben und dabei der magnetischen Flussrichtung (F) des Plasmavolumens (2) folgen, wobei das Magnetfeld an der dem zentralen Mittelpunkt (M_1) der zentralen Magnetfeldlinie (m_1) zugewandten Seite der Doppelhelix (3) stärker ist als an der gegenüberliegenden Außenseite, und wobei in den jeweils um 90 Grad gegeneinander versetzt angeordneten Magnetfeldebenebenen (I-IV) der Doppelhelix (3) der Spin (s, s') der Elektronen oder Ionen (+,-) viermal von einem Up-Spin (s) zu einem Down-Spin (s') wechselt, sodass in der durch die Verbindungspunkte (J_1 - J_4) definierten Drehmomentebene (β') der Doppelhelix (3) mit einem quantenmechanisch wirksamen Mechanismus die Spurtreue der Elektronen oder Ionen (+,-) dadurch ermöglicht wird, dass sich der Eigendrehimpuls der Elektronen (-) oder Ionen (+) viermal umkehrt.

21. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der ein Magnetsystem (9) aufweist, das von einer Mehrzahl jeweils zwischen den Spulen (Q_1 - Q_n) angeordneten Elektromagneten, mit dem Plasmavolumen (2) zugewandten Polen (P_1 - P_n) an der Innenschale (23) des Plasmagefäßes (20) gebildet wird und die Pole (P_1 - P_n) senkrecht zu der Innenschale (23) auf die zentrale Magnetfeldlinie (m_1) ausgerichtet sind, um durch Umpolung der Elektromagnete des Magnetsystems (9) mittels einer Schaltung das Plasmavolumen (2) an zeitlich und räumlich voneinander getrennt aktivierten Polen (P_1 - P_n) kurzzeitig mit der Innenschale (23) in Berührung zu kommen, sodass durch Konvektion und Wärmeleitung eine Wärmeübertragung auf das Plasmagefäß (20) ermöglicht wird.

22. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Pole (P_1 - P_n) des Magnetsystems (9) und die Innenschale (23) des Plasmagefäßes (20) eine Bekleidung aus Wolframelementen tragen, wobei die Pole (P_1 - P_n) entweder als von der Innenschale (23) abstehende Vorsprünge ausgebildet sind und becherförmige Polkappen aus Wolfram tragen oder flächenbündig mit der Innenschale (23) ausgebildet sind.

23. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Magnetfeldlinien (m_1, m_2 - m_n) für die Führung von Elektronen und Ionen (+,-) ausgebildet sind und die Elektronen (-) und Ionen (+) jeweils eine parallel zu den Magnetfeldlinien (m_1, m_2 - m_n) angeordnete Drehimpulsachse (α) und eine senkrecht dazu angeordnete Drehimpulsebene (β) aufweisen, wobei die Drehimpulsebenen (β) der Elektronen (-) und Ionen (+) an den Verbindungspunkten (J1-J4) in einer gemeinsame Drehimpulsebene (β') liegen.

24. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Plasmagefäß (20) im Querschnitt kreisrund ausgebildet ist und dazu ausgebildet ist, einem Innendruck von zehn Bar standzuhalten, um eine Fusion der Kerne von Deuterium bei einer Temperatur von 400 Millionen Grad untereinander zu ermöglichen.

25. Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die in der Fusion freigesetzten Neutronen mit der Innenschale (23) des Plasmagefäßes (20) kollidieren, oder an der Innenschale (23) mehrfach reflektiert werden, wobei die Neutronen Strahlungswärme aus dem Plasmavolumen (2) auf die Wärmeträgerhelix (21) übertragen.

26. Fahrzeug, welches als Landfahrzeug, als Wasserfahrzeug, als Luftfahrzeug oder als Raumfahrzeug ausgebildet ist und einen Fusionsreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

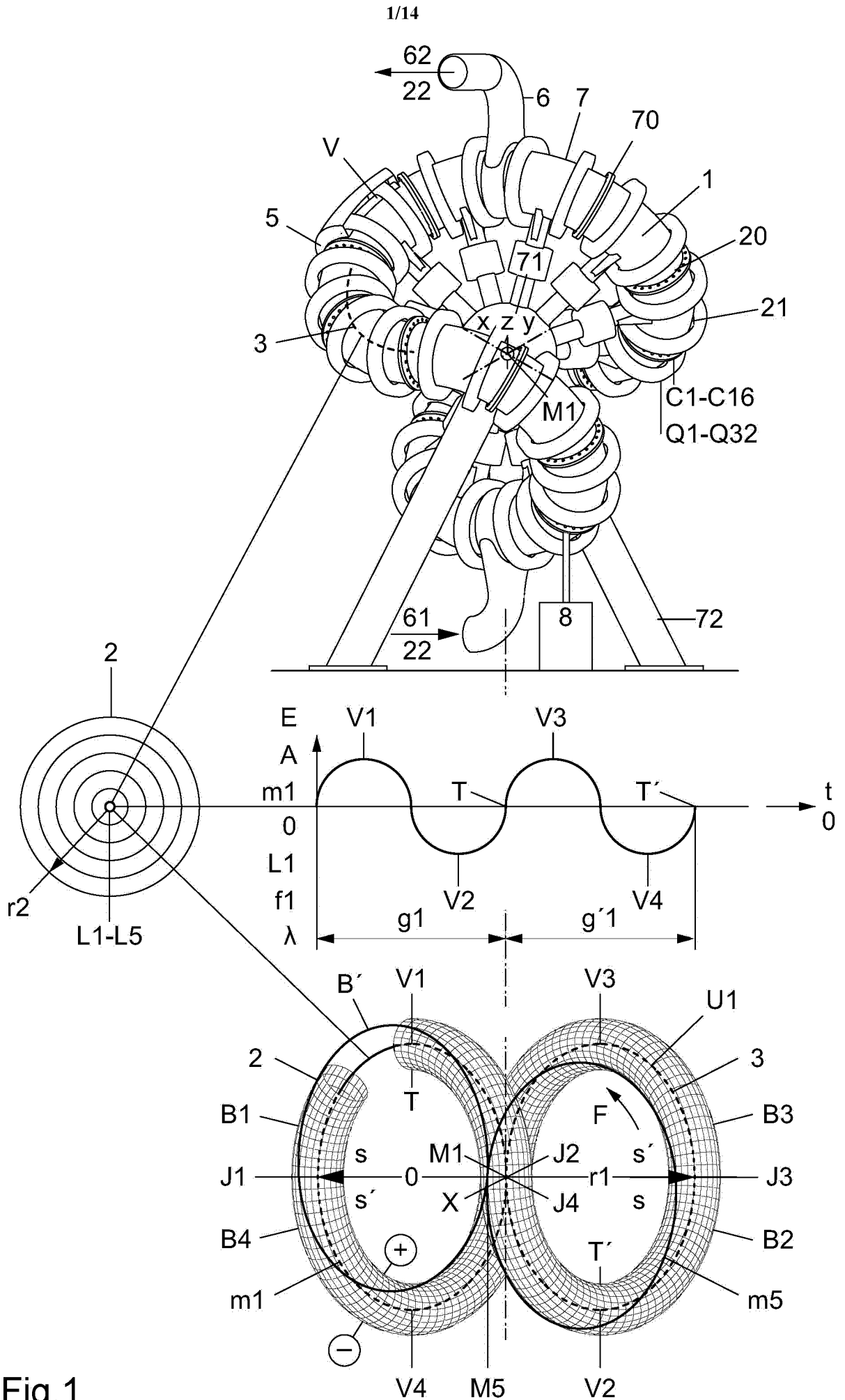


Fig.1

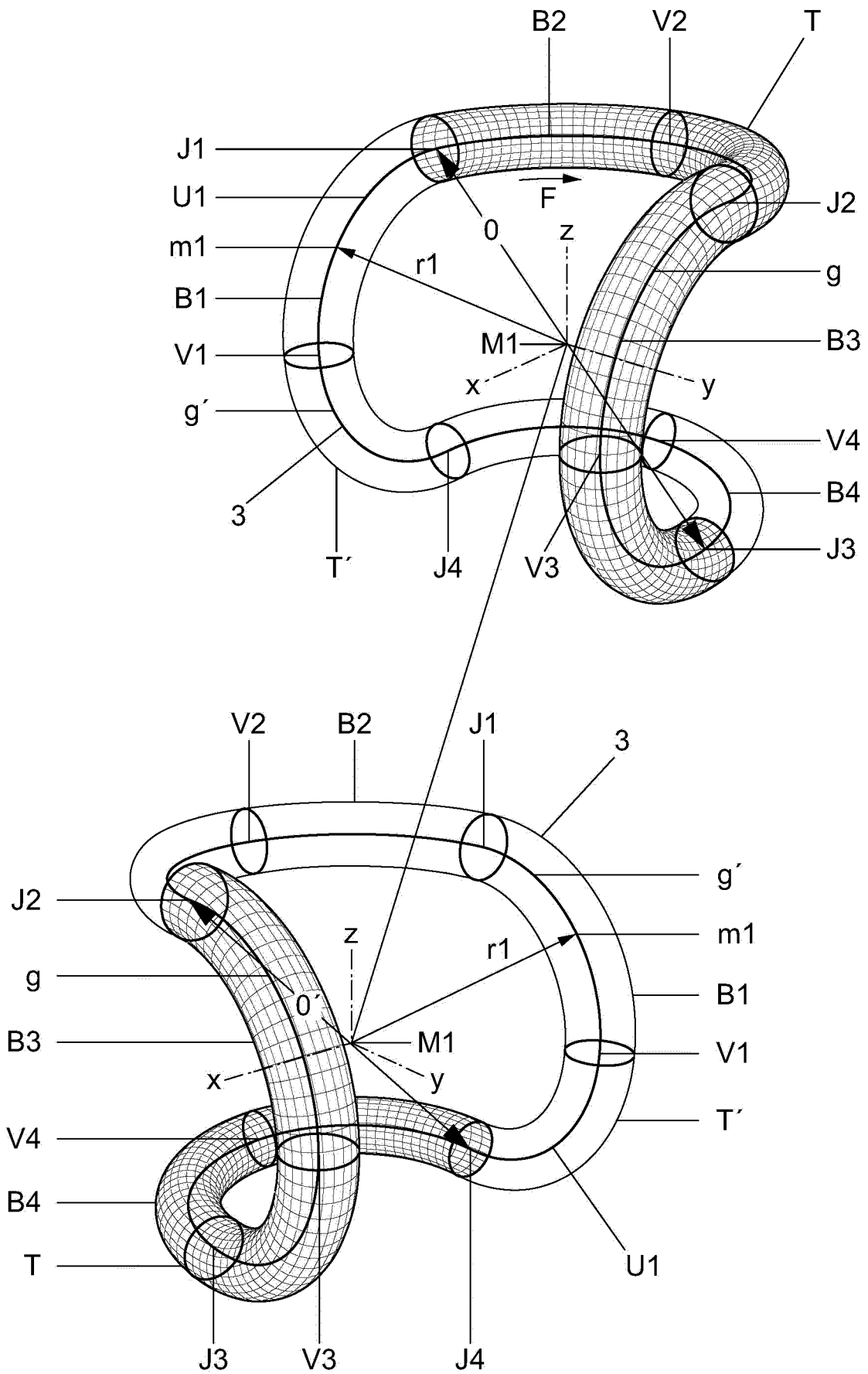


Fig.2

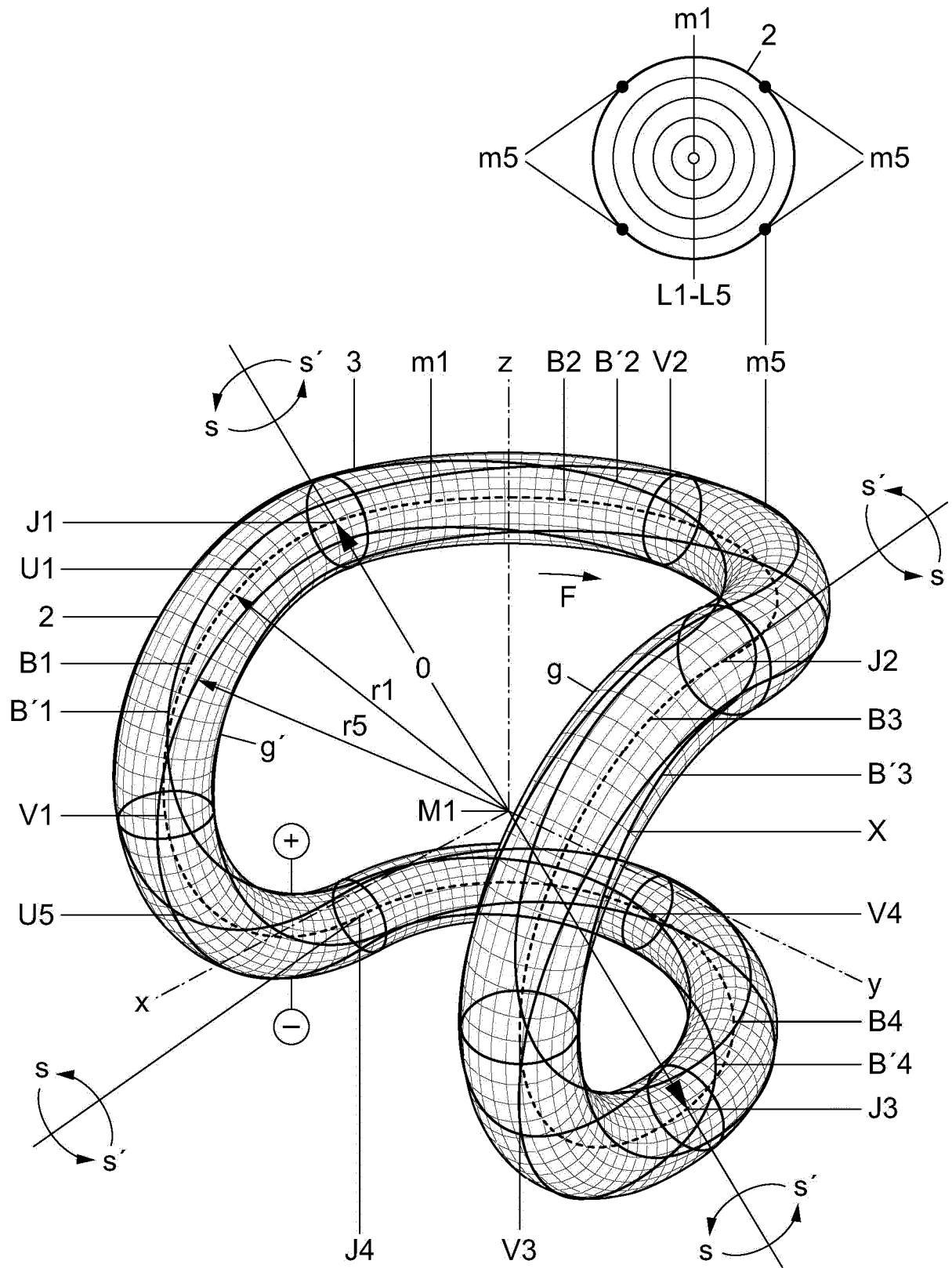


Fig.3

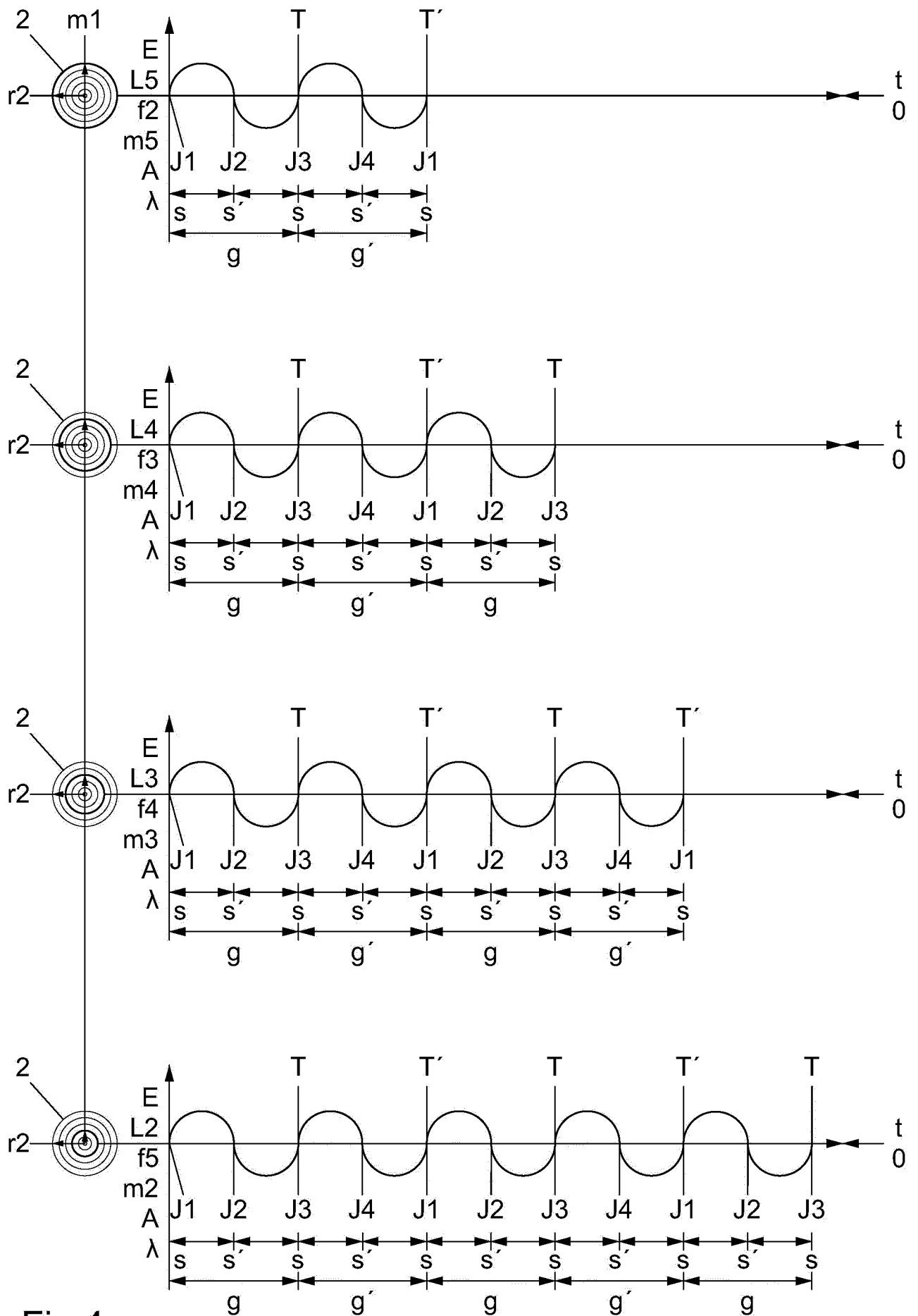


Fig.4

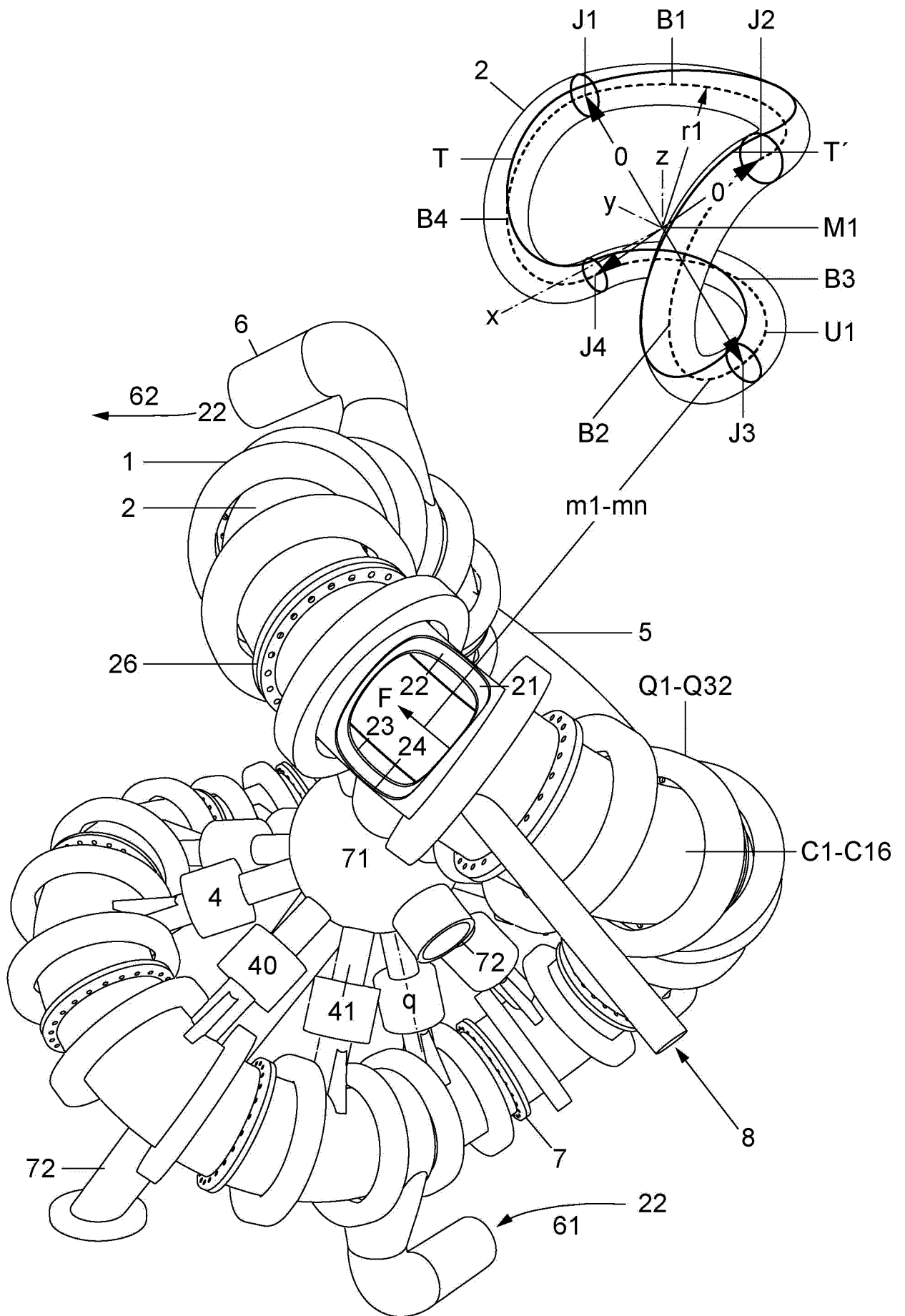


Fig.5

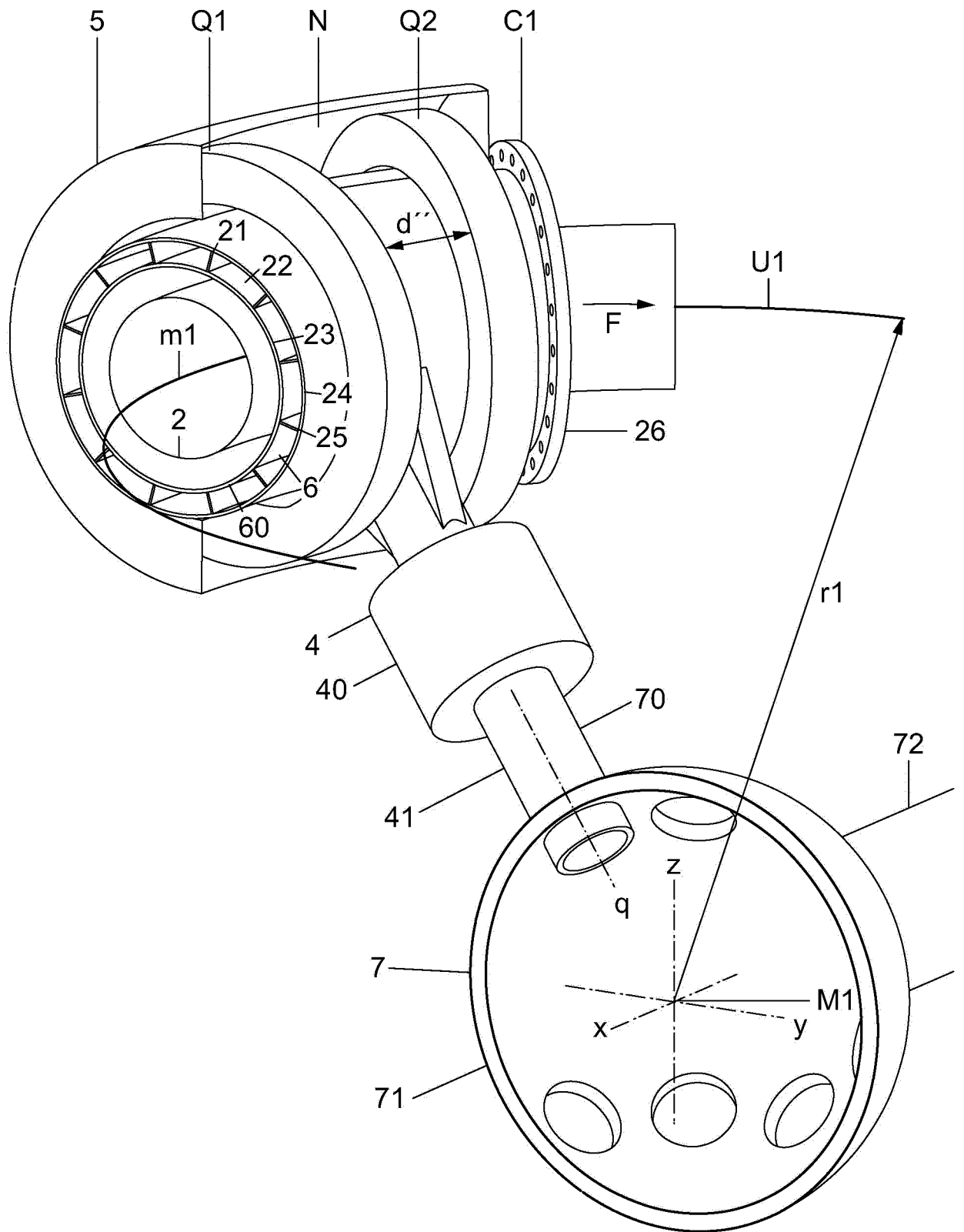


Fig.6

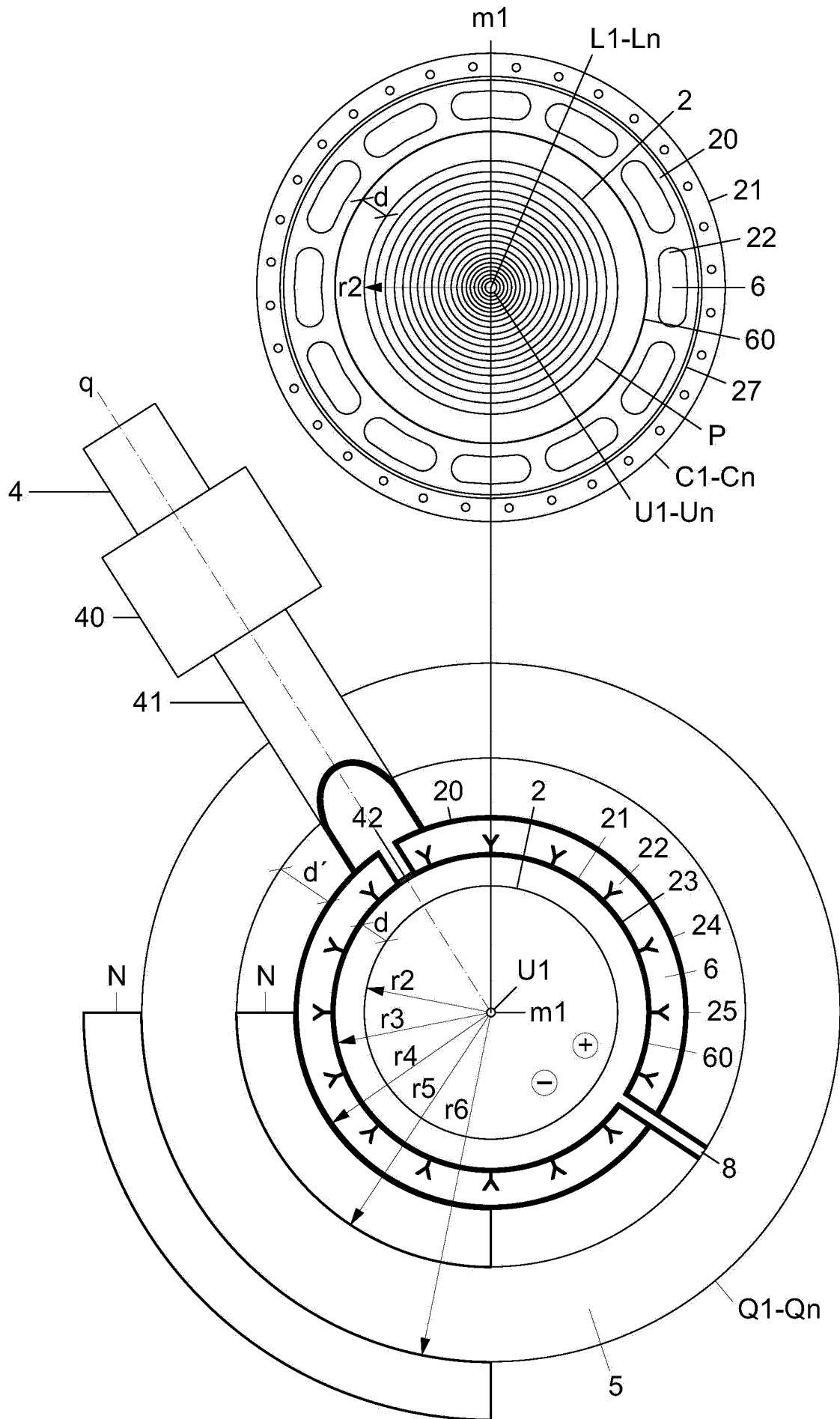


Fig.7

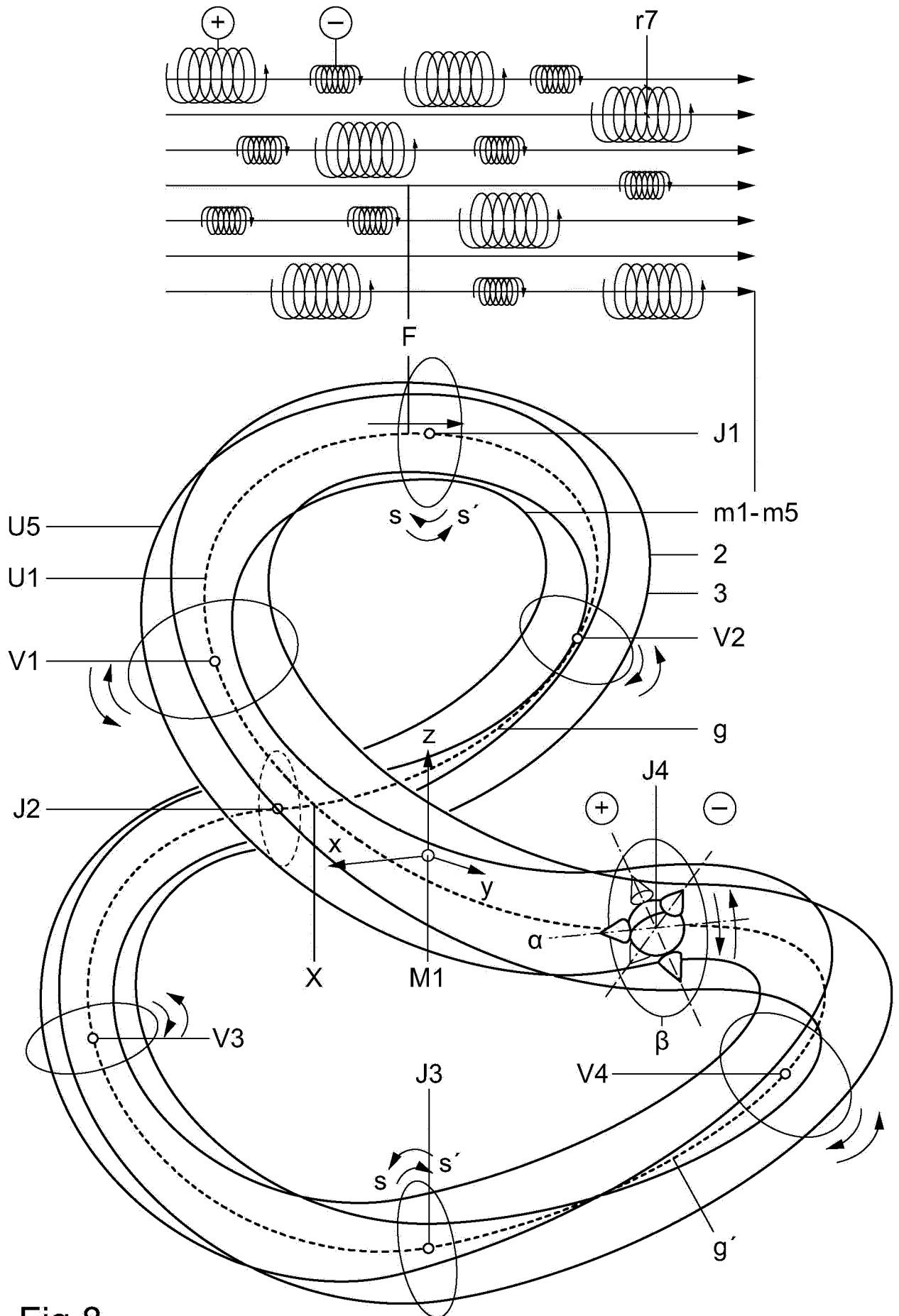


Fig.8

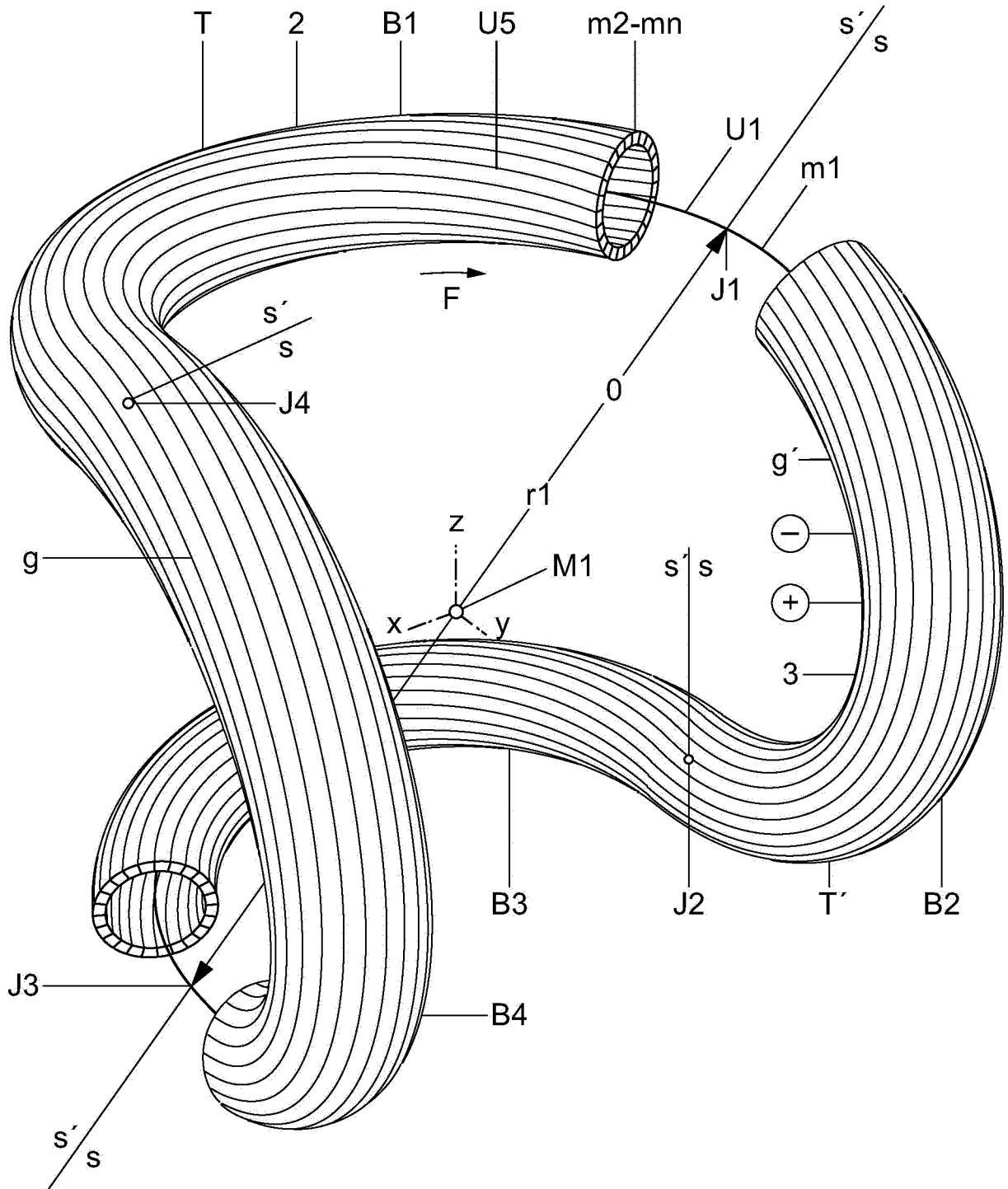


Fig.9

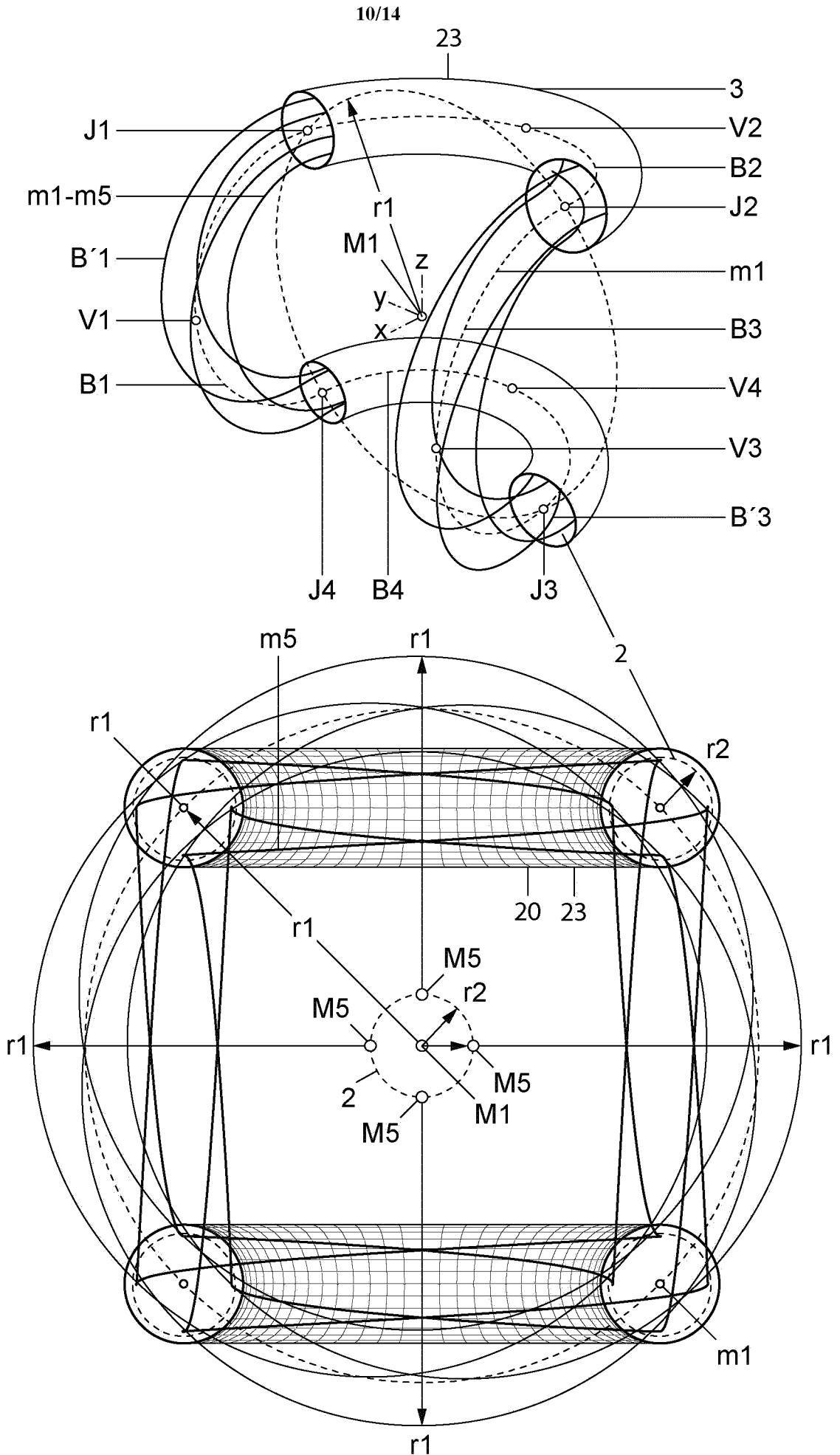


Fig.10

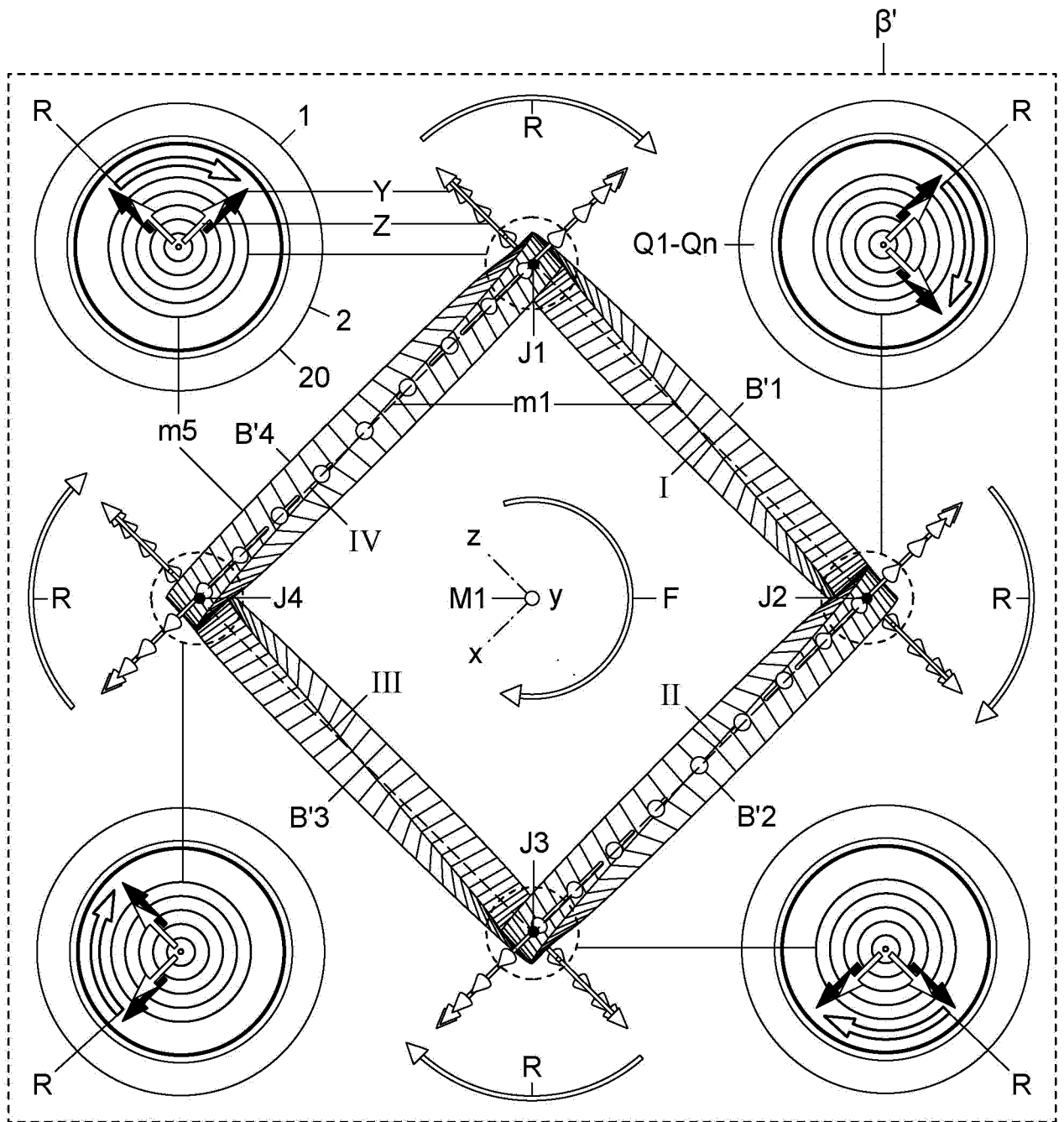


Fig.12

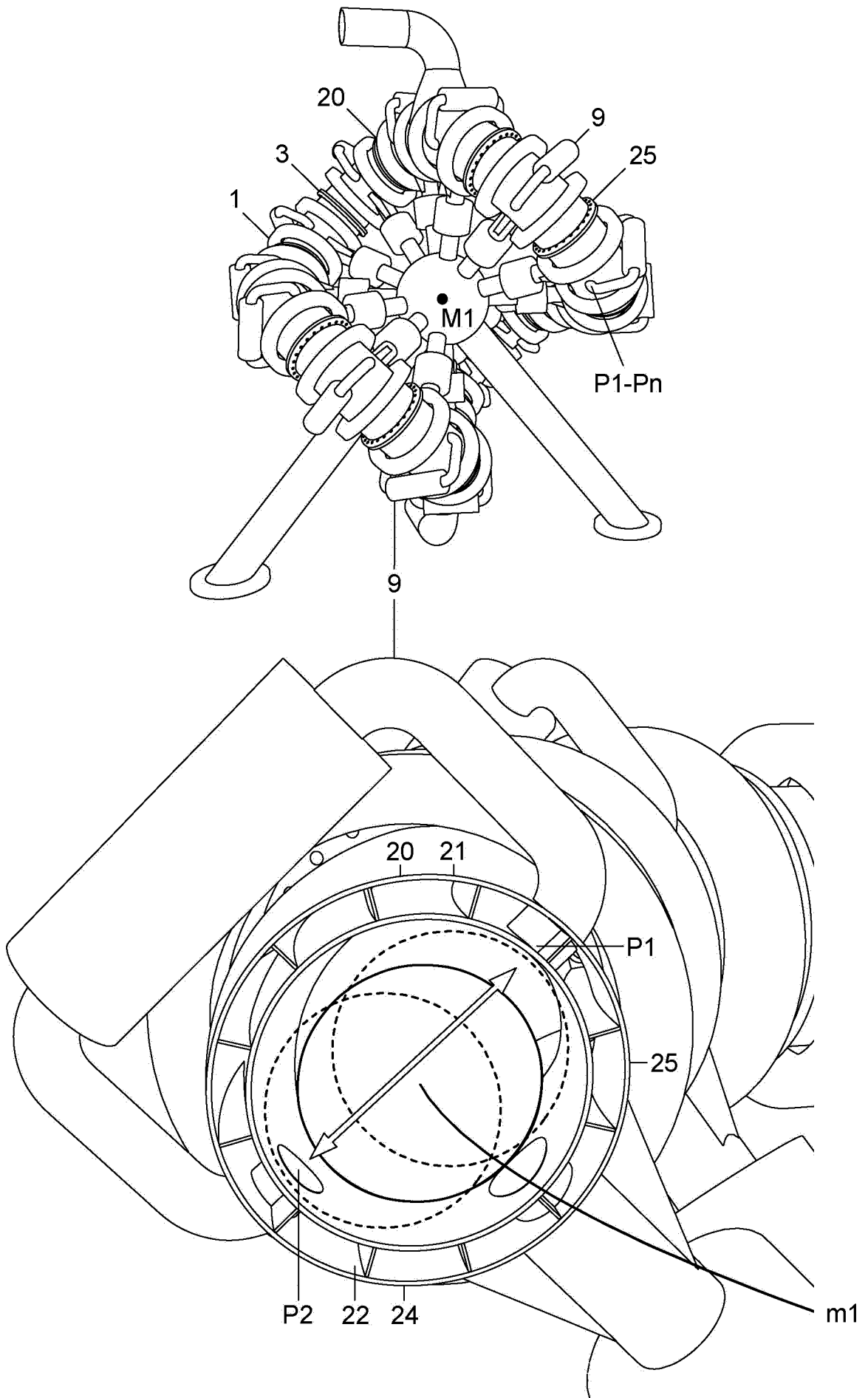


Fig.13

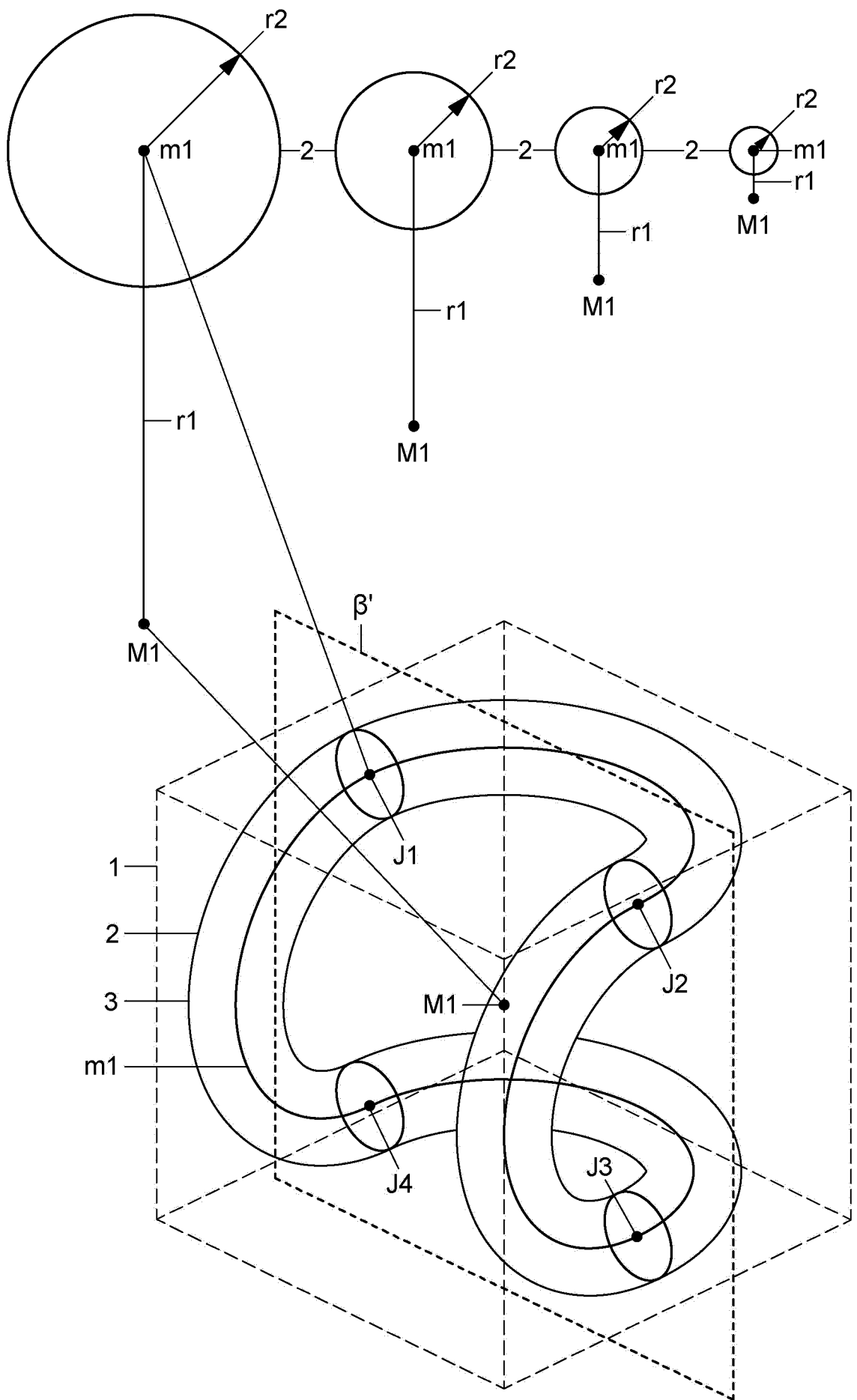


Fig.14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/060853

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G21B 1/05</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G21B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	- -. "DEMOstration Power Plant" <i>Wikipedia</i> , 13 May 2023 (2023-05-13), pages 1-4, Retrieved from the Internet: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=DEMOstration_Power_Plant&oldid=1154652321 [retrieved on 2024-01-24] XP093123337	1-10,12-26
A	the whole document & Stork Derek. "DEMO and the Route to Fusion Power" <i>3rd Karlsruhe Intl School in Fusion Technology</i> , 01 September 2009 (2009-09-01), pages 1-142, Retrieved from the Internet: http://fire.pppl.gov/eu_demo_Stork_FZK%20.pdf [retrieved on 2024-01-24] XP093123332	11
	the whole document	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 12 June 2024		Date of mailing of the international search report 24 June 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Manini, Adriano Telephone No.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G21B1/05
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G21B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	- -: "DEMOstration Power Plant", Wikipedia, 13. Mai 2023 (2023-05-13), Seiten 1-4, XP093123337, Gefunden im Internet: URL:https://en.wikipedia.org/w/index.php?t itle=DEMOstration_Power_Plant&oldid=11546 52321 [gefunden am 2024-01-24]	1-10, 12-26
A	das ganze Dokument - / - -	11

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. Juni 2024	24/06/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Manini, Adriano

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
	<p>& Stork Derek: "DEMO and the Route to Fusion Power", 3rd Karlsruhe Intl School in Fusion Technology, 1. September 2009 (2009-09-01), Seiten 1-142, XP093123332, Gefunden im Internet: URL:http://fire.pppl.gov/eu_demo_Stork_FZK%20.pdf [gefunden am 2024-01-24] das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	