

Elektrische Maschine mit einem Kühlsystem des Induktionssystems

Deutsches Patent 10 2025 002 184

Erteilungsbeschluss vom 21.08.2026



RES-INSTITUTE

Renewable Energy Systems

Prof. Dipl.-Ing. Friedrich Grimm

Züricher Strasse 18

D-70376 Stuttgart

Tel. +49-(0)711-257 17 19

friedrich.grimm@t-online.de

www.res-institute.com



Aktenzeichen: **10 2025 002 184.4**

Erteilungsbeschluss

In Sachen der/des

Friedrich Grimm, 70376 Stuttgart, DE

Verfahrensbevollmächtigter: RDL Patentanwälte PartG mbB, 70176 Stuttgart, DE

betreffend die Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen 10 2025 002 184.4

hat die Prüfungsstelle des Deutschen Patent- und Markenamts am 21.08.2026 beschlossen:

Das Patent wird mit den Unterlagen gemäß beigefügter Zusammenstellung der Publikationsunterlagen für die Patentschrift erteilt.

Die Laufzeit des Patents beginnt am 21.06.2025.

Änderungen in den Publikationsunterlagen sind aus den beigefügten, geänderten Beschreibungsseiten, Ansprüchen und/oder Figuren ersichtlich.

Das Patent führt die Nummer **10 2025 002 184**.

Auf die beigefügte Rechtsmittelbelehrung wird hingewiesen.

Prüfungsstelle für Klasse H02K

Stephan Schmidt



Zusammenfassung

Eine elektrische Maschine umfasst ein Gehäuse, einen Stator und ein Kühlsystem, wobei der Stator ein Blechpaket und ein Induktionssystem mit Wicklungen aufweist. Die Maschine ist als Radialflussmaschine mit einem Läufer, Axialflussmaschine mit einem oder zwei Läufern, Transversalflussmaschine mit einem Läufer oder Wanderfeldmaschine mit mindestens zwei Läufern ausgebildet. Das Induktionssystem weist eine Schichtanordnung mit einem ersten Schichtanordnungsbereich aus Schichten mit Leiterbahnen der Wicklungen und Folien sowie einem zweiten Schichtanordnungsbereich mit einem Hohlkammerprofil auf. Das Kühlsystem bewirkt eine Strömung eines Wärmeträgerfluids in der das Hohlkammerprofil umfassenden Kanalstruktur, um Wärme von einer der Wicklungen als Wärmequelle zu einer außerhalb des Induktionssystems angeordneten Wärmesenke zu übertragen.

(hierzu Fig. 4)

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (1) mit einem Kühlsystem für ein Induktionssystem, welche elektrische Maschine (1) einen von einem Hohlschichtkörper (10) gebildeten Stator (S) aufweist und mit einem Gehäuse (α) und mit einer Motorachse (x) für nur einen Läufer (R1) als eine Radialflussmaschine (11), als eine Axialflussmaschine (12), als eine Transversalflussmaschine (13,13') und mit einem Stator (S') für mehr als einen Läufer (R1-Rn) als eine Wanderfeldmaschine (14) ausgebildet ist, bei welchem Hohlschichtkörper (10) eine erste, von Folien (15) und von Leiterbahnen (16) mit zwei Oberflächen (su) gebildete Gruppe von Schichten (L1) in ein von einer Mehrzahl von Blechpaketen aus Blechlamellen (7,7',7'',7*) gebildetes Joch des Stators (S) eingespannt ist und mit einer Wicklung (8,8',8'',8*) dazu ausgebildet ist, die Blechpakete mittels einer Regelelektronik (re) für eine Matrixschaltung (q) mit mindestens einer Phase (p1-pn) von Wechselstrom (ac) zu erregen, wobei eine zweite Gruppe von Schichten (L2) des Hohlschichtkörpers (10) ein Hohlkammerprofil (20,20') aus Kunststoff oder Metall aufweist, das als ein Wärmeübertrager (21,21') mit einer pneumatischen oder hydraulischen Kanalstruktur (2,2') und mit Kontaktflächen (22) zu einer Oberfläche (su) der Leiterbahnen (16) dazu ausgebildet ist, Wärme in einem Kühlmittelkreislauf (c) mit einem Vorlauf (23) und mit einem Rücklauf (23') für ein gasförmiges und/oder flüssiges Wärmeträgerfluid (f,f'), zwischen einer von einer Wicklung (8,8',8'',8*) und dem jeweiligen Blechpaket gebildeten Wärmequelle zu einer außerhalb des Induktionssystems liegenden Wärmesenke zu übertragen, wobei in einem Kühlmittelkreislauf (c*) für ein von Flüssiggas gebildetes Wärmeträgerfluid (f') in einem elektrisch leitenden Hohlkammerprofil (20') aus Metall und in mindestens zwei an das Hohlkammerprofil (20') angrenzenden Schichten (L1) die Ausbildung eines supraleitenden Hohlschichtkörpers (10*) ermöglicht wird.
2. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1, die ein auf Folien (15) gedrucktes Induktions- und Steuerungssystem aufweist, wobei eine erste Folie (15) einer Schicht (L1) dem Luftspalt (β) zwischen dem Stator (S) und einem Läufer (R1-Rn) zugewandt ist und Leiterbahnen (16) aufweist, die in Verbindung mit der Regelelektronik (re) eine Steuer-, Kontroll- oder eine Verteilerfunktion für mindestens eine Phase (p1-pn) des Wechselstroms (ac) haben

und wobei in einer letzten Schicht (L1) der ersten Gruppe die Leiterbahnen (16) einer Wicklung (8,8',8'',8*) einen elektrischen Kontakt zwischen den Oberflächen (su) und den Kontaktflächen (22') einer elektrisch leitenden Kanalstruktur (2') herstellen, sodass mittels der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen (7,7',7'',7*), die die Schichten (L1,L2) der ersten und der zweiten Gruppe durchqueren, ein homogenes Induktionssystem des Hohlschichtkörpers (10,10*) mit einer einheitlichen magnetischen Flussrichtung hergestellt wird.

3. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Kanalstrukturen (2) aus einem Silikonkunststoff bestehen und einen Wärmeübertrager (21) bilden, der Kontaktflächen (22) zu den Oberflächen (su) der Leiterbahnen (16) einer Wicklung (8,8',8'',8*) und zu den Blechlamellen (7,7',7'',7*) hat, wobei ein Füllstoff (29) für die Herstellung einer hohlraumfreien wärmeleitenden Verbindung vorgesehen ist, und bei der die Kanalstrukturen (2') eines elektrisch leitfähigen Wärmeübertragers (21') Kontaktflächen (22') ausschließlich zu den Oberflächen (su) der Leiterbahnen (16) einer Wicklung (8,8',8'',8*) haben, wobei ein Füllstoff (29') für die Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung vorgesehen ist, und die elektrisch leitfähigen Schichten (L1,L2) des Hohlschichtkörpers (10) mittels einer Parallel- oder Reihenschaltung (ci,ci') untereinander verbindbar sind und mittels der Regelelektronik (re) für Wechsel- und/oder Gleichstrom (ac,dc) bestromt werden.
4. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der das von den Blechlamellen (7,7',7'',7*) gebildete Joch des Stators (S) jeweils eine einheitliche Schlüsselweite aufweist, sodass die Schichten (L1,L2) in einem Stecksystem zu einem eigenstabilen Hohlschichtkörper (10,10*) verbindbar sind, der mit einer Versiegelung der Ränder der Folien (15) als ein gegenüber Gasen und Flüssigkeiten hermetisch versiegelter Verbundkörper ausbildbar ist, wobei die Folien (15) aus Kunststoff ein Beschichtungssubstrat für eine mindestens einseitige Beschichtung mit Leiterbahnen (16) bilden, die mit einem Drehwerkzeug oder mit einer flächenförmigen Matrize aus einer Metallfolie ausgestanzt werden, wobei eine Radialflussmaschine (11) eine verteilte Wicklung (8), eine Axialflussmaschine (12) eine konzentrierte Wicklung (8') eine Transversalflussmaschine (13) eine Ringwicklung (8*) und eine Wanderfeldmaschine (14) eine spiralförmige Wicklung (8'') aufweist, wobei die Leiterbahnen (16) der Wicklungen (8,8',8'',8*) jeweils am Eingang des Gehäuses

(α) erste Enden (e) für mindestens eine Phase (p1-pn) von Wechselstrom (ac) aufweisen und an zweiten Enden (e') der Wicklungen (8,8',8'',8*) mit einer Phasenbrücke (pb) derart untereinander verbunden sind, dass eine aus mindestens einer Zeile (m) und/oder einer Spalte (n) gebildete Matrix mit der Matrixschaltung (q) der Regelelektronik (re) steuerbar ist.

5. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der die Folien (15) beidseitig mit einer eindimensionalen Lage von Graphen beschichtet sind und die Leiterbahnen (16) aus einer Aluminiumfolie ausgestanzt und die Schichten (L1) auf einer Bogendruck- oder auf einer Rotationsdruckmaschine mit den ausgestanzten Leiterbahnen (16) beschichtet werden, sodass mit der Kombination aus Aluminium und Graphen ein supraleitender Hohlwicklerkörper (10*) hergestellt wird, bei dem eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen (7,7',7'',7*) genutzt wird.
6. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1, bei der die Schichten (L1) an einer Axialflussmaschine (12) und an einer Wanderfeldmaschine (14) mit einem flächenförmigen Stator (S) einen Stapel aus ebenen Folien (15) bilden, wobei an einer Wanderfeldmaschine (14) eine erste dem Luftspalt zugewandte Schicht (L1) Leiterbahnen (16) aufweist, die als ein Detektor die jeweilige Position eines permanent erregten Läufers (R1-Rn) an die Regelelektronik (re) übermitteln und wobei an einer Axialflussmaschine (12) mindestens eine erste Folie der Schichten (L1) kreuzungsfrei mit Leiterbahnen (16) bedruckt ist die an eingangsseitigen Enden (e) mit einer Regelelektronik (re) für wenigstens eine Phase (p1-pn) von Wechselstrom (ac) verbunden sind, sodass mit Querverbindern (cr) zu einer Mehrzahl von Schichten (L1) der konzentrierten Wicklung (8') ein Verteiler (p*) für Wechselstrom (ac) gebildet wird, wobei die Schichten (L1) der ersten Gruppe untereinander und durch Querverbinder (cr) der Matrixschaltung (q) zu in sich geschlossenen Schaltkreisen verbunden sind, und an einer Radialflussmaschine (11), an einer TFRM (13) und an einer TFPM (13') die Schichten (L1) aus einer Vielzahl einzelner, jeweils konzentrisch zu der Rotationsachse (x) angeordneter zylindrischer Lagen oder aus einer Folienrolle bestehen.

7. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der der von dem Hohlkammerprofil (20) gebildete Wärmeübertrager (21) als ein Wärmerohr (28) ausgebildet ist, bei dem in einem Kühlmittelkreislauf (c) an einer von den Schichten (L1) gebildeten Wärmequelle ein die Phase wechselndes Wärmeträgerfluid (f,f') im Vorlauf (23) in eine Dampfphase übergeht und im Rücklauf (23') außerhalb des Induktionssystems an einer von mit dem Wärmerohr (28) verbundenen Kühlrippen (28') gebildeten Wärmesenke kondensiert, sodass der Wärmeübertrager (21) in Kombination mit einem Ventilator in einem latenten Wärmeübergang Wärme aus dem Induktionssystem auf die umgebende Luft überträgt.
8. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der die Blechpakete jeweils ein Joch des Stators (S) für die Einspannung der jeweiligen Wicklung (8,8',8'',8*) bilden, wobei an einer Radialflussmaschine (11) ein Paket aus ringförmigen Blechlamellen (7) ein Joch für die Einspannung einer verteilten Wicklung (8) bildet, und an einer Axialflussmaschine (12) eine Mehrzahl von Paketen aus keilförmig ausgebildete Blechlamellen (7') ein Joch für die Einspannung einer konzentrierten Wicklung (8') bilden, und an einer TFRM (13) und einer TFPM (13') eine Mehrzahl von Paketen aus bündelförmig ausgebildeten Blechlamellen (7*) ein Joch für die Einspannung von mindestens drei Ringwicklungen (8*) des Stators (S), jeweils in einer radialen Anordnung zur Motorachse (x) bilden, und wobei an einer Wanderfeldmaschine (14) eine Mehrzahl von Paketen aus kammförmig ausgebildeten Blechlamellen (7'') ein Joch für die Einspannung einer spiralförmigen Wicklung (8'') für eine Matrix mit Zeilen (m) und/oder Spalten (n) bildet.
9. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der ein gasförmiges Wärmeträgerfluid (f) entweder aus hochreinem Wasserstoff oder aus Druckluft besteht und ein flüssiges Wärmeträgerfluid (f') entweder aus einem Thermo-Öl oder aus Wasser und einem Frostschutzmittel besteht, wobei die Kanalstrukturen (2,2') eine durch Rippen, Rillen oder Noppen vergrößerte innere Oberfläche aufweisen, und wobei ein supraleitender Hohlschichtkörper (10*) ein elektrisch leitendes Hohlkammerprofil (20') des Wärmeübertragers (21') aufweist, das in einem Kühlmittelkreislauf (c*) von einem Wärmeträgerfluid (f') aus Flüssiggas durchströmt wird und wobei zwischen den Folien (15) und den Leiterbahnen (16)

sämtlicher an der Supraleitung beteiligter Schichten (L1,L2) und den Paketen der Blechlamellen (7,7',7'',7*) des Stators (S) eine Isolierung vorgesehen ist, die ein Vakuumdämmsystem (vi) aus mit Siliziumkarbid durchsetzter pyrogener Kieselsäure mit Stützfasern aus Glas in einer evakuierten Hülle aufweist.

10. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der eine Zeile (m) und/oder eine Spalte (n) der in den Schichten (L1) und in den Schichten (L2) ausgebildeten Matrix des Induktionssystems eine Höhe (h) aufweist, die einer Höhe (h) der Wicklungen (8,8',8'',8*) in den Schichten (L1) und einer Höhe (h) der Kanalstrukturen (2,2') in den Schichten (L2) entspricht, wobei die pneumatischen oder hydraulischen Kanalstrukturen (2,2') von einem gasförmigen oder flüssigen Wärmeträgerfluid (f,f') durchströmt werden und an einer Radialflussmaschine (11) eine Mehrzahl von Schlaufenkanälen (24), die parallel zu der Motorachse (x) verlaufen, an einer Axialflussmaschine (12) eine Mehrzahl von Sternkanälen (25), die radial zu der Motorachse (x) verlaufen, und an einer TFRM (13), und an einer TFRM (13') eine der Anzahl der Phasen (p1-pn) des Wechselstroms (ac) entsprechende Mehrzahl von Ringkanälen (26), die quer zu der Motorachse (x) verlaufen, und an einer Wanderfeldmaschine (14) eine Mehrzahl von konzentrisch und coaxial zu den Magnetachsen (z) der Matrix angeordneten Spiralkanälen (27) ausgebildet sind, und wobei Kanalstrukturen (2) aus Kunststoff ein Hohlkammerprofil (20) aufweisen, das in einem Strangpress- in einem Spritzguss- oder in einem Tiefziehverfahren aus zwei Hälften herstellbar ist, und Kanalstrukturen (2') aus einem elektrisch leitfähigen Metall in einem 3D-Druckverfahren herstellbar sind.
11. Wanderfeldmaschine (14) nach einem der vorherigen Ansprüche, die eine Matrixschaltung (q) für eine von Zeilen (m) und von Spalten (n) gebildete Matrix aufweist, wobei an einem hohlzylinderförmigen oder flächenförmigen Stator (S) kammförmig ausgebildete Blechlamellen (7'), von einer Mehrzahl konzentrierter Wicklungen (8') erregt werden, sodass mittels der Regelelektronik (re) für die Matrixschaltung (q) ein multidirektional steuerbares Magnetfeld für eine voneinander unabhängige Bewegung von mehr als einem Läufer (R1-Rn) ermöglicht wird, wobei die Magnetachsen (z) der kammförmig ausgebildeten Blechlamellen (7') eine Rasteranordnung (g) aufweisen, der eine Rasteranordnung (g') der Magnetachsen

(z') von Magneten einer Mehrzahl von Läufern (R1-Rn) im Verhältnis von etwa 4 zu 3 oder umgekehrt von etwa 3 zu 4 gegenübersteht.

12. Wanderfeldmaschine (14) nach Anspruch 11,
die als ein Aufzugssystem ausgebildet ist, bei dem eine Mehrzahl von Läufern (R1-Rn) als Aufzugskabinen (ca) ausgebildet ist, wobei ein flächenförmiger Stator (S) von mindestens einer Wand des Aufzugsschachtes (es) gebildet wird und die Aufzugskabinen (ca) in jedem Geschoß eines mehrgeschossigen Gebäudes mindestens einen von einer horizontalen Fahrbahn (ru) gebildeten Haltepunkt (st) hat und der flächenförmige Stator (S) mindestens eine vertikale Fahrbahn (ru') mit einer Mehrzahl von Abbiege-Spuren zu den von den horizontalen Fahrbahnen (ru) gebildeten Haltepunkten (st) aufweist und eine Aufzugskabine (ca) beim Einbiegen in eine horizontalen Fahrbahnen (ru) jeweils eine Viertelkreiskurve durchfährt und dabei an Schienen (ra) derart geführt wird, dass sie ihre senkrechte Stellung beibehält, und wobei die Aufzugskabinen (ca) mit einer von der Stromversorgung des Aufzugssystems unabhängigen Absturzsicherung ausgebildet sind.
13. Wanderfeldmaschine (14) nach Anspruch 12,
bei der ein Aufzugsschacht (es) des Aufzugssystems vier vertikale Fahrbahnen (ru') und eine der Anzahl der Geschosse eines Hochhauses entsprechende Mehrzahl von horizontalen Fahrbahnen (ru) aufweist, sodass innerhalb des Aufzugsschachtes (es) eine Mehrzahl von Aufzugskabinen (ca) in einen Kreisverkehr vier Haltepunkte (st) in einer Eingangsebene (el) und jeweils zwei Haltepunkte (st) in jedem Geschoß derart bedienen, dass zwei in Fahrtrichtung der Aufzugskabinen (ca) jeweils äußere vertikale Fahrbahnen (ru') für einen auf- und abwärts gerichteten Expressverkehr der Aufzugskabinen (ca) vorgesehen sind, während zwei innere vertikale Fahrbahnen (ru') in einem auf- und abwärts gerichteten Zubringerverkehr zwei Haltepunkte (st) in jedem Geschoß bedienen und jeweils durch horizontale Fahrbahnen (ru) untereinander verbunden sind, wobei die Aufzugskabinen (ca) in dem Kreisverkehr regelmäßig von einer vertikalen inneren Fahrbahn (ru') auf eine vertikale äußere Fahrbahn (ru') und umgekehrt wechseln können ohne dabei anzuhalten.
14. Wanderfeldmaschine (14) nach Anspruch 11,

bei der eine vertikale hohlzylinderförmige Röhre (tu) den Stator (S) und ein hohlzylinderförmiger Schlitten (sl) den Läufer (R1) bildet, wobei die senkrecht stehende zylindrische Röhre (tu) vakuumdichte Verschlüsse an beiden Enden der Röhre aufweist und für den Katapultstart der Rakete (ro) mit einem Vakuum beaufschlagt ist, sodass mit der Rakete (ro) ein Satellit oder eine Raumfähre mit einer Energie von etwa 20.000 kWh innerhalb von einer Sekunde auf einer mindestens 2500 m langen Fahrstrecke derart beschleunigt wird, dass eine Flughöhe von 200 km über die Erdoberfläche erreicht wird, um mit der Rakete (ro) in den Weltraum zu gelangen und sich die Rakete (ro) von dem Schlitten (sl) löst und ab einer Höhe von 200 km mittels eines Triebwerks weiterbeschleunigt um eine orbitale Umlaufbahn zu erreichen während der Schlitten (sl) am Ende der Fahrstrecke mit einem Bremsweg von 100 m Länge abgebremst wird und an den Anfang der Fahrstrecke zurückfährt, und für einen neuen Startvorgang wieder zur Verfügung steht.

15. Wanderfeldmaschine (14) nach Anspruch 11, die für ein Fahr- und Ladesystem genutzt wird, bei dem die Fahrbahn (ru) einen flächenförmigen Stator (s) aufweist und eine Mehrzahl von Läufern (R1-Rn) jeweils als Elektrofahrzeuge (ev) ausgebildet sind und mit einem Unterbodenpaneel (up) ausgebildet sind, das eine Mehrzahl von Permanentmagneten (pm) mit der Fahrbahn (ru) zugewandten Magnetachsen (z') in einer Rasteranordnung (g') aufweist und zusammen mit einer Mehrzahl fahrbahnintegrierter und mit einer Matrixschaltung (q) schaltbarer Elektromagnete mit Magnetachsen (g) des Stators (S) im Ladebetrieb einen temporären Antrieb des Elektrofahrzeugs (ev) dadurch ermöglicht, dass der Elektromotor (ee) des Elektrofahrzeugs (ev) in den Generatorbetrieb wechselt und den Ladestrom für den Batteriespeicher (ba) des Fahrzeugs bereitstellt, wobei im Ladebetrieb der Luftspalt (β) zwischen dem Unterbodenpaneel (up) und der Fahrbahn (ru) mittels einer pneumatisch, hydraulisch, oder elektromechanisch betätigten Niveauregulierung (lc) des Unterbodenpaneels (up) exakt einstellbar ist und minimal 1,5 mm und maximal 5 mm beträgt und wobei im Fahrbetrieb das Elektrofahrzeug (ev) eine reguläre Bodenfreiheit von 15 cm hat und an dem Fahr- und Ladesystem mindestens zwei in Fahrtrichtung parallel zueinander angeordnete Fahrbahnen (ru) ausgebildet sind,

sodass ein Spurwechsel einer Mehrzahl von Elektrofahrzeugen (ev) ermöglicht wird.

Elektrische Maschine mit einem Kühlsystem des Induktionssystems

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem Kühlsystem des Induktionssystems. Die elektrische Maschine hat einen von einem Hohlschichtkörper gebildeten Stator und ist mit einem Gehäuse und mit einer Motorachse für nur einen Läufer als eine Radialflussmaschine, als eine Axialflussmaschine, als eine permanent magnetisch erregte Transversalflussmaschine, oder als eine Transversalflussreluktanzmaschine ausgebildet, die im Rahmen der Erfindung als TFPM und als TFRM bezeichnet werden. Eine elektrische Maschine mit einem flächen- oder hohlzylinderförmigen Stator für mehr als einen Läufer wird im folgenden als Wanderfeldmaschine bezeichnet. Der Begriff Matrix steht für ein von Zeilen und Spalten gebildetes Induktionssystem, das aus Schichten aufgebaut ist, die auf eine Fläche abgewickelt werden können und die im Fall einer Wanderfeldmaschine mit einer Regelelektronik für eine Matrixschaltung ein multidirektional steuerbares Magnetfeld ermöglichen und im Fall von nur einer Zeile oder einer Spalte eine Matrix bildet, deren Magnetfeld mit Zeilen- oder Spaltenvektoren darstellbar ist. An dem Hohlschichtkörper ist eine erste, von Folien und von Leiterbahnen mit zwei Oberflächen gebildete Gruppe von Schichten in ein von einer Mehrzahl von Blechpaketen aus Blechlamellen gebildetes Joch des Stators eingespannt und ist mit einer Wicklung dazu ausgebildet, die Blechpakete mittels einer Regelelektronik für eine Matrixschaltung mit mindestens einer Phase von Wechselstrom zu erregen. Eine zweite Gruppe von Schichten des Hohlschichtkörpers weist ein Hohlkammerprofil aus Kunststoff oder Metall auf, das als ein Wärmeübertrager mit einer pneumatischen oder hydraulischen Kanalstruktur und mit Kontaktflächen zu einer Oberfläche der Leiterbahnen der ersten Gruppe dazu ausgebildet ist Wärme in einem Kühlmittelkreislauf mit einem Vorlauf und mit einem Rücklauf für ein gasförmiges oder flüssiges Wärmeträgerfluid, zwischen einer von einer Wicklung und dem jeweiligen Blechpaket gebildeten Wärmequelle zu einer außerhalb des Induktionssystems liegenden Wärmesenke zu übertragen. Dabei wechseln sich die mit einer Wicklung bedruckten Schichten der ersten Gruppe regelmäßig mit den von einer Kanalstruktur gebildeten Schichten der zweiten Gruppe, in einem Verhältnis von 1 zu 1 bis 1 zu 50 ab, wobei bis zu 50 Lagen der Schichten der ersten Gruppe zwischen zwei Lagen von Schichten der zweiten Gruppe angeordnet werden können. Ein von Flüssiggas gebildetes Wärmeträgerfluid ermöglicht einen Kühlmittelkreislauf, mit dem in dem elektrisch leitenden Hohlkammerprofil aus Metall und in mindestens zwei an das

Hohlkammerprofil angrenzenden Schichten der ersten Gruppe die Ausbildung eines supraleitenden Hohlschichtkörpers ermöglicht wird. Bevorzugt weisen die im Hauptanspruch aufgeführten elektrischen Maschinen ein auf Folien gedrucktes Induktions- und Steuerungssystem auf. Dabei ist die erste Folie einer Schicht der ersten Gruppe dem Luftspalt zwischen dem Stator und einem Läufer zugewandt und hat in Verbindung mit der Regelelektronik eine Steuer-, Kontroll- oder eine Verteilerfunktion für mindestens eine Phase des Wechselstroms. In der letzten Schicht der ersten Gruppe dagegen, stellen die Leiterbahnen einer Wicklung den elektrischen Kontakt zwischen den Oberflächen der Leiterbahnen und den Kontaktflächen einer elektrisch leitenden Kanalstruktur her, sodass mittels der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen, die die Schichten der ersten und der zweiten Gruppe durchquerend, ein homogenes Induktionssystem des Hohlschichtkörpers mit einer einheitlichen magnetischen Flussrichtung hergestellt wird. In einer ersten vorteilhaften Ausführungsvariante des Kühlsystems der elektrischen Maschine sind Kanalstrukturen aus einem Silikonkunststoff vorgesehen, die einen Wärmeübertrager mit Kontaktflächen zu den Oberflächen der Leiterbahnen einer Wicklung und zu den Blechlamellen bilden, wobei ein Füllstoff für die Herstellung einer hohlraumfreien wärmeleitenden Verbindung vorgesehen ist. Ein elektrisch leitfähiger Wärmeübertrager hat Kontaktflächen ausschließlich zu den Oberflächen der Leiterbahnen einer Wicklung, wobei in einer zweiten vorteilhaften Ausführungsvariante des Kühlsystems ein Füllstoff für die Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung vorgesehen ist, und die elektrisch leitfähigen Schichten der ersten und der zweiten Gruppe des Hohlschichtkörpers mittels einer Reihen- oder Parallelschaltung untereinander verbindbar sind und jeweils mittels der Regelelektronik für Wechsel- und/oder Gleichstrom bestromt werden. An den erfindungsgemäßen elektrischen Maschinen weist das von den Blechlamellen gebildete Joch des Stators jeweils eine einheitliche Schlüsselweite auf, sodass die Schichten der ersten und der zweiten Gruppe in einem Stecksystem zu einem eigenstabilen Hohlschichtkörper verbindbar sind, der mit einer Versiegelung der Ränder der Folien als ein gegenüber Gasen und Flüssigkeiten hermetisch versiegelter Verbundkörper ausbildbar ist. Folien aus Kunststoff bilden ein Beschichtungssubstrat für eine mindestens einseitige Beschichtung der Folien mit Leiterbahnen, die mit einem Drehwerkzeug oder mit einer flächenförmigen Matrize aus einer elektrisch leitfähigen Metallfolie aus Aluminium Kupfer oder Silber ausgestanzt werden. Abhängig vom jeweiligen Typ der elektrischen Maschine sind mit diesem Verfahren unterschiedliche Wicklungen herstellbar, wobei eine

Radialflussmaschine mit einer verteilten Wicklung, und eine Axialflussmaschine mit einer konzentrierten Wicklung, und eine Transversalflussmaschine mit einer Ringwicklung und eine Wanderfeldmaschine mit einer Vielzahl spiralförmiger Wicklungen ausgebildet ist. Die Leiterbahnen der Wicklungen haben jeweils am Eingang des Gehäuses erste Enden für mindestens eine Phase von Wechselstrom und sind an zweiten Enden mit einer Phasenbrücke derart untereinander verbunden, dass eine aus mindestens einer Zeile und/oder einer Spalte gebildete Matrix mit der Matrixschaltung der Regelelektronik steuerbar ist. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung sind die Folien beidseitig mit einer eindimensionalen Lage von Graphen beschichtet, wobei die Leiterbahnen aus einer Aluminiumfolie ausgestanzt und die Schichten der ersten Gruppe auf einer Bogendruck- oder auf einer Rotationsdruckmaschine mit den ausgestanzten Leiterbahnen beschichtet werden, sodass mit der Kombination aus Aluminium und Graphen ein supraleitender Hohlschichtkörper hergestellt wird, bei dem eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen genutzt wird. Mit der Kombination aus Aluminium und Graphen kann ein supraleitender Hohlschichtkörper mit einer Matrixschaltung für eine aus mindestens einer Zeile und/oder Spalte gebildete Matrix dadurch hergestellt werden, dass eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen genutzt wird. Ein gasförmiges Wärmeträgerfluid besteht entweder aus hochreinem Wasserstoff oder aus Druckluft während ein flüssiges Wärmeträgerfluid entweder aus einem Thermo-Öl oder aus Wasser mit einem Frostschutzmittel besteht. Die spezifische Wärmekapazität von Wasserstoff weist einen um den Faktor fünf höheren Wert auf als die von Luft. Daher zeichnet sich hochreiner Wasserstoff, der in einer gegenüber dem Induktionssystem einer elektrischen Maschine hermetisch abgeschlossenen Kanalstruktur zirkuliert, durch exzellente Eigenschaften zur Aufnahme und Übertragung von thermischer Energie aus. Bei der Entspannung von Druckluft sinkt die Temperatur deutlich. Diese auch als Joule-Thomson-Effekt bekannte thermodynamische Reaktion wird durch die Stärke der anziehenden und abstoßenden Kräfte zwischen den Gasmolekülen bestimmt und kann für die Kühlung des Induktionssystems einer elektrischen Maschine genutzt werden. Sowohl Kanalstrukturen aus Kunststoff als auch elektrisch leitfähige Kanalstrukturen aus Metall können mit einer durch Rippen, Rillen oder Noppen vergrößerten inneren Oberfläche ausgebildet werden. Mit einem elektrisch leitenden Hohlkammerprofil aus Metall, das von einem Wärmeträgerfluid aus Flüssiggas durchströmt wird die Ausbildung eines supraleitenden Wärmeübertragers ermöglicht, wobei zwischen den

Folien und den Leiterbahnen sämtlicher an der Supraleitung beteiligter Schichten und den Paketen der Blechlamellen ein Vakuumdämmsystem des Stators aus mit Siliziumkarbid durchsetzter pyrogener Kieselsäure mit Stützfasern aus Glas in einer evakuierten Hülle vorgesehen ist. Eine Zeile und/oder eine Spalte der in den Schichten der ersten Gruppe und in den Schichten der zweiten Gruppe ausgebildeten Matrix des Induktionssystems einer elektrischen Maschine weist jeweils eine Höhe auf, die einer Höhe der Wicklungen in den Schichten der ersten Gruppe und einer Höhe der Kanalstrukturen in den Schichten der zweiten Gruppe entspricht. Ein gasförmiges oder flüssiges Wärmeträgerfluid durchströmt die pneumatischen oder hydraulischen Kanalstrukturen, die an einer Radialflussmaschine eine Mehrzahl parallel zu der Motorachse verlaufender Schlaufenkanäle, an einer Axialflussmaschine von einer Mehrzahl von Sternkanälen, die radial zu der Motorachse verlaufen, und an einer TFRM und an einer TFPM, eine der Anzahl der Phasen des Wechselstroms entsprechende Mehrzahl von Ringkanälen, die quer zu der Motorachse verlaufen, und an einer Wanderfeldmaschine eine Mehrzahl von konzentrisch und koaxial zu den Magnetachsen der Matrix angeordneter Spiralkanäle, aufweisen. Das Hohlkammerprofil von Kanalstrukturen aus Kunststoff ist in einem Strangpress- in einem Spritzguss- oder in einem Tiefziehverfahren aus zwei Hälften herstellbar. Für die Herstellung eines elektrisch leitfähigen Hohlkammerprofils der Kanalstrukturen aus Metall kommt ein 3D-Druckverfahren in Frage. Axialflussmaschinen weisen mindestens eine dem Luftspalt zwischen Stator und Läufer zugewandte Folie auf, die kreuzungsfrei mit Leiterbahnen bedruckt ist, und an eingangsseitigen Enden mit einer Regelelektronik für mindestens drei Phasen von Wechselstrom verbunden ist, sodass mittels von Querverbindern zu einer Mehrzahl von Schichten der konzentrierten Wicklung ein Verteiler für Wechselstrom mit wenigstens drei Phasen gebildet wird und die Schichten untereinander und durch die Querverbinder der Matrixschaltung phasenweise zu in sich geschlossenen Schaltkreisen verbunden sind. An den erfindungsgemäßen elektrischen Maschinen bilden die Blechpakete jeweils ein Joch des Stators für die Einspannung der jeweiligen Wicklung, wobei an einer Radialflussmaschine ein Paket aus ringförmigen Blechlamellen ein Joch für die Einspannung einer verteilten Wicklung bildet, und wobei an einer Axialflussmaschine eine Mehrzahl von Paketen aus keilförmig ausgebildeten Blechlamellen ein Joch für die Einspannung einer konzentrierten Wicklung bilden, und wobei an einer TFRM und einer TFPM eine Mehrzahl von Paketen aus bügelförmig ausgebildeten Blechlamellen ein Joch für die Einspannung von mindestens drei Ringwicklungen des Stators, jeweils in einer

radialen Anordnung zur Motorachse bilden, und wobei an einer Wanderfeldmaschine eine Mehrzahl von Paketen aus kammförmig ausgebildeten Blechlamellen ein Joch für die Einspannung einer Mehrzahl von spiralförmigen Wicklung für eine von Zeilen und Spalten gebildete Matrix aufweisen. An einer Axialflussmaschine und an einer Wanderfeldmaschine mit einem flächenförmigen Stator bilden die Schichten der ersten Gruppe einen Stapel ebener Folien, wobei an einer Wanderfeldmaschine eine erste dem Luftspalt zugewandte Schicht Leiterbahnen aufweist, die als ein Detektor die jeweilige Position eines permanent erregten Läufers an die Regelelektronik übermittelt und wobei an einer Axialflussmaschine mindestens eine erste Folie der Schichten kreuzungsfrei mit Leiterbahnen bedruckt ist, und an eingangsseitigen Enden mit einer Regelelektronik für wenigstens drei Phasen von Wechselstrom verbunden ist, sodass mittels von Querverbindern zu einer Mehrzahl von Schichten der konzentrierten Wicklung ein Verteiler für Wechselstrom gebildet wird, wobei die Schichten der ersten Gruppe untereinander und durch die Querverbinder der Matrixschaltung phasenweise zu in sich geschlossenen Schaltkreisen verbunden sind, und wobei an einer Radialflussmaschine, an einer TFRM und an einer TFPM die Schichten der ersten Gruppe aus einer Vielzahl einzelner, jeweils konzentrisch zu der Rotationsachse angeordneter zylindrischer Lagen oder aus einer Folienrolle bestehen. Eine vorteilhafte Ausführungsvariante betrifft einen Wärmeübertrager bei dem das Hohlkammerprofil als ein Wärmerohr ausgebildet ist. In dem Kühlmittelkreislauf geht dabei ein die Phase wechselndes Wärmeträgerfluid an einer von den Schichten der ersten Gruppe gebildeten Wärmequelle im Vorlauf in eine Dampfphase über und kondensiert im Rücklauf außerhalb des Induktionssystems an einer mit dem Wärmerohr verbunden, von Kühlrippen gebildeten Wärmesenke, sodass der Wärmeübertrager in Kombination mit einem Ventilator in einem latenten Wärmeübergang Wärme aus dem Induktionssystem auf die umgebende Luft überträgt. Die Wanderfeldmaschine hat eine Matrixschaltung für eine von Zeilen und von Spalten gebildete Matrix, wobei an einem hohlzylinderförmigen oder flächenförmigen Stator kammförmig ausgebildete Blechlamellen, von einer Mehrzahl konzentrierter Wicklungen erregt werden, sodass mittels der Regelelektronik für die Matrixschaltung ein multidirektional steuerbares Magnetfeld für eine voneinander unabhängige Bewegung von mehr als einem Läufer ermöglicht wird, wobei die Magnetachsen der kammförmig ausgebildeten Blechlamellen eine Rasteranordnung aufweisen, der eine Rasteranordnung der Magnetachsen von Magneten einer Mehrzahl von Läufern im Verhältnis von etwa 4 zu 3 oder umgekehrt von etwa 3 zu 4 gegenübersteht. Die

genannten elektrischen Maschinen können als Motoren oder Generatoren ausgebildet werden und sind mit dem Kühlsystem für einen Dauerbetrieb geeignet. Geordnet nach dem magnetischen Fluss zeigen die Ausführungsbeispiele unterschiedene elektrische Maschinen, die für eine Massenfertigung auf Bogendruckmaschinen oder Rotationsdruckmaschinen geeignet sind, und deren kostengünstige Herstellung auch dadurch ermöglicht wird, dass Wicklungen aus Kupferdraht durch Leiterbahnen, die aus Metallfolien ausgestanzt werden und aus geeigneten Legierungen insbesondere mit dem Legat Aluminium ersetzt werden können. Elektrische Maschinen mit einem supraleitenden Hohlschichtkörper erweitern die Leistungsgrenzen der Elektrotechnik hin zu Anwendungen, die bisher nur mit der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen erreichbar zu sein schienen. Dies gilt insbesondere für weiträumige Anwendungen für Wanderfeldmaschinen. Die in den Figuren vorgestellten Ausführungsbeispiele betreffen ein Aufzugssystem das eine Mehrfachbelegung eines Aufzugsschachts ermöglicht, eine elektromagnetische Startrampe für Raketen und Satelliten, sowie ein Fahr- und Ladesystem für Elektrofahrzeuge. Die Realisierung supraleitender elektrischer Maschinen eröffnet neue Anwendungen gerade auch im Bereich der Elektromobilität, und der Generatortechnik für Wind- und Wasserturbinen.

Stand der Technik

Fossile Energien waren in der Vergangenheit eine allzu leicht zugängliche, bequeme und kostengünstige Energiequelle für den Transport von Menschen und Waren rund um den Globus. In der Gegenwart zeigen sich die negativen Auswirkungen einer exzessiven Ausbeutung der in Jahrmillionen gebildeten fossilen Lagerstätten. Trotz eines sechsspürigen Ausbaus stark frequentierter Autobahnen wälzt sich allein in Deutschland auf vier von sechs Spuren täglich eine LKW Kolonne von Ost nach West und von Nord nach Süd und schädigt das Klima und die Gesundheit der Menschen, ohne dass die Kosten dafür beziffert werden. Das Zeitalter der fossilen Brennstoffe muss, um des Überlebens der Menschheit willen, möglichst rasch beendet werden. Die unverzügliche Erschließung aller verfügbaren erneuerbaren Energiequellen in einem weltweiten Maßstab ist die Aufgabe der Gegenwart. Der Eintritt in ein Zeitalter der Elektrizität beginnt jetzt. Dies gilt gerade auch für den Flugverkehr und die Raumfahrt deren Treibstoffe aus Kohlenwasserstoffen bestehen. Elektrische Maschinen zeichnen sich durch sehr hohe Wirkungsgrade von bis zu 96% aus und werden deshalb in Zukunft die bevorzugte Lösung in den Bereichen Antreiben, Steuern und Bewegen zu Land, zu Wasser und in der Luft sein. Der Straßenverkehr trägt zwei Prozent zu den

weltweiten CO₂-Emissionen bei. Unabhängig davon ob es sich um einen Elektromotor oder um einen Generator handelt werden elektrische Maschinen, dem jeweiligen magnetischen Fluss entsprechend, in folgende Kategorien unterteilt:

Radialflussmaschinen sind elektrische Maschinen, bei denen der magnetische Fluss radial, also senkrecht zur Drehachse, verläuft. Diese Maschinen sind häufig als Synchron- oder Asynchronmaschinen ausgebildet und finden Anwendung in verschiedenen Bereichen, von der Antriebstechnik bis zur Energieerzeugung. Zu den Vorteilen der Radialflussmaschinen zählen ihre kompakte Bauweise, hohe Leistungsdichte und Effizienz. Sie bieten eine gute Kontrolle über das Drehmoment und sind in der Lage, hohe Drehzahlen zu erreichen. Zudem ermöglichen sie eine einfache Kühlung aufgrund der radialen Anordnung der Wicklungen. Jedoch gibt es auch Nachteile: Die Konstruktion kann komplex sein, und die Herstellungskosten sind oft höher als bei anderen Maschinentypen. Zudem können Radialflussmaschinen bei bestimmten Betriebsbedingungen eine höhere Drehmomentwelligkeit aufweisen, was die Regelung erschwert. Trotz dieser Herausforderungen sind Radialflussmaschinen aufgrund ihrer Vorteile in vielen Anwendungen sehr gefragt. Axialflussmaschinen sind eine spezielle Art elektrischer Maschinen, bei denen der magnetische Fluss axial, also parallel zur Drehachse, verläuft. Ein vergleichsweise kurzer magnetischer Flussweg ermöglicht eine flache Bauweise und eine hohe Leistungsdichte, was sie insbesondere für Anwendungen in der Elektromobilität und in kompakten Antriebssystemen geeignet erscheinen lässt. Zu den Vorteilen der Axialflussmaschinen gehören ihre kompakte Konstruktion, die eine platzsparende Integration ermöglicht, sowie eine hohe Effizienz und ein hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen. Zudem bieten sie eine gute Kühlleistung, da die Wärme effizient abgeleitet werden kann. Auf der anderen Seite haben Axialflussmaschinen einige Nachteile. Die Herstellung kann komplex und kostenintensiv sein, und die mechanische Stabilität kann bei hohen Drehzahlen eine Herausforderung darstellen. Außerdem reagieren sie empfindlich auf magnetische Störungen. Die Transversalflussmaschine (TFM) stellt eine innovative Entwicklung im Bereich der elektrischen Maschinen dar, die sich durch ihre spezielle Ringwicklung auszeichnet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Maschinen, ist die TFM so konzipiert, dass der magnetische Fluss quer zur Rotationsebene verläuft. Diese Maschinen werden typischerweise als permanente Synchronmaschinen in ein- oder mehrphasiger Ausführung ausgebildet, wobei auch eine Ausführung als Asynchronmaschine möglich ist. Diese Bauart bietet mehrere Vorteile: Die Entkopplung der magnetischen und

elektrischen Kreise ermöglicht eine unabhängige Dimensionierung der Komponenten und den Wegfall von Wickelköpfen, die nicht zur Drehmomenterzeugung beitragen. Dies führt zu einer feineren Polteilung, was sich in einer niedrigen Drehzahl bei gleichzeitig hohem Moment niederschlägt und den Einsatz von Getrieben überflüssig macht. Dennoch gibt es auch signifikante Nachteile, wie die komplexe mechanische Konstruktion und die hohe Drehmomentwelligkeit. Letztere kann jedoch durch eine geeignete Stromregelung mit einer nichtlinearen, positionsabhängigen Kennlinie reduziert werden. Insgesamt bieten TFM's neue Anwendungen im Vergleich zu traditionellen elektrischen Maschinen, dort wo hohe Effizienz und kompakte Bauweise gefordert sind. Die Transversalflussreluktanzmaschine (TFRM) nutzt das Prinzip der Reluktanzkraft und erfordert mindestens drei Phasen, um ein definiertes Drehmoment zu erzeugen, während bei einer permanentmagnetisch erregten Transversalflussmaschine (TFPM) das Prinzip eines Linearmotors in eine kreisringförmige Struktur überführt ist und eine ringförmige elektrische Maschine bildet. Während die TFRM vollständig aus nichtmagnetischen Materialien herstellbar ist, erzeugt die TFPM eine Kraftwirkung und eine Rastposition, die von der Stromrichtung abhängt. Diese unterschiedlichen Ansätze bieten verschiedene Vorteile und Anwendungen in der Elektrotechnik, wobei die TFPM durch ihre permanente Magnetisierung eine höhere Effizienz und Leistungsdichte aufweist. Dagegen wird an einer Wanderfeldmaschine der magnetische Fluss über eine große Fläche verteilt, typischerweise in einer flachen Bauweise. Diese Motoren sind besonders geeignet für Anwendungen, bei denen mehrere Transporteinheiten als Läufer eingesetzt werden, wie beispielsweise in Förderanlagen oder automatisierten Transportsystemen. Die Vorteile von Wanderfeldmaschinen liegen in ihrer hohen Leistungsdichte und Effizienz, da sie eine gleichmäßige Kraftverteilung über die gesamte Fläche ermöglichen. Sie bieten auch eine kompakte Bauweise, die Platz spart, und eine einfache Integration in bestehende Systeme. Zudem können sie eine präzise Steuerung und hohe Dynamik bieten. Jedoch gibt es auch Nachteile: Die Herstellung kann komplex und kostenintensiv sein, und die mechanische Stabilität kann bei großen Wanderfeldmaschinen eine Herausforderung darstellen. Zudem können die Anforderungen an die Kühlung und die Magnetmaterialien höher sein. Verglichen mit einer Bauweise aus Vollmaterial, dem sogenannten Weicheisen, haben Blechpakete den Vorteil, dass sie Wirbelströme verhindern und so den Wirkungsgrad verbessern. Die aus Weicheisen hergestellten einzelnen Bleche sind mit einem Isolator beschichtet

und werden aus Bandmaterial hergestellt. Die Fertigung der Blechpakete erfordert mehrere Arbeitsschritte, angefangen mit dem Zuschneiden der Bleche, dem Ordnen in Stapeln, ihrem Fügen durch Schweißen, Kleben oder Schrauben und einem allseits erforderlichen Nachrichten. Geeignete Verfahren für die Herstellung sind das Laser- oder Wasserstrahlschneiden und das Stanzen für die Serienproduktion. Nach dem Stanzen werden die einzelnen Bleche mit einem Lack beschichtet, gestapelt und in einem Ofen aufgeheizt, um die Schichten untereinander zu verkleben und gleichzeitig gegeneinander zu isolieren. Aufwändig sind dabei das Isolieren der Komponenten unter- und gegeneinander sowie das Wickeln der Erregerspulen und das nachträgliche Imprägnieren und Bearbeiten der Wicklung. Aufwändig sind auch der Einbau von Isolatorpapier zwischen dem Blechpaket und den Wicklungen, um Spannungsüberschläge zu vermeiden sowie die Herstellung des für die Spulen verwendeten Drahts in einem Ziehverfahren und dessen anschließende Beschichtung mit einer isolierenden Lackschicht, die zusätzlich noch eine Gleitschicht erhält, um das Wickeln zu erleichtern. Für die vollautomatische Herstellung der Wicklungen in einer Serienfertigung sind teure Maschinen erforderlich, die sich nur im Fall einer Großserienproduktion lohnen, sodass bis heute der Einbau der Wicklung in ein Blechpaket häufig noch von Hand erfolgt und hohes handwerkliches Können erfordert, da die Drähte zum Krangeln neigen. Im Bereich der Klebstoffe bewirken Zweiphasen-Polymere eine Reibbindung, während der Härter des Klebstoffs als Katalysator die Polymerisation des jeweiligen Kunststoffs bewirkt. Kunststofffolien, die mit einem Acrylatkleber beschichtet werden, können aus Polypropylen, Polyvinylchlorid oder aus Polyethylen mit einer Temperaturbeständigkeit von -40 bis 150 Grad Celsius bestehen und können als sehr dünne flexible und dehnbare Folien mit Schichtdicken ab 0,05 mm hergestellt und mit einem Klebstoff beschichtet werden, ebenso Polyimid-Folien mit einer Temperaturbeständigkeit von -50 bis 160 Grad Celsius und Folien aus Polytetrafluorethylen, sogenannte PTFE-Folien mit einer außergewöhnlichen Temperaturbeständigkeit von -200 bis 300 Grad Celsius. Bekannte Klebeblätter haben bis zu zweihundert Schichten, wobei die Tragschicht auf der Außenseite eine Trennschicht hat, an der der Klebstoff nicht haftet. Mit der durch einen Haftvermittler aufgerauten Innenseite geht der Klebstoff eine untrennbare Verbindung ein. Abhängig von dem jeweiligen Material der Tragschichten kommen die folgenden, jeweils nach ihrem chemischen oder physikalischen Wirkprinzip geordneten Klebstoffe in Betracht. Besonders vorteilhaft ist die Aushärtung des Klebstoffs durch Polymerisation von Sofortklebstoffen wie

Cyanacrylate, Methylmethacrylate und ungesättigte Polyester. Für die Verbindung von Trägerfolien aus Kunststoff, Papier oder Karbonfaserfolien kommen anaerob härtende Klebstoffe, strahlenhärtende Klebstoffe oder Klebstoffe, die durch Trocknung aushärten, lösungsmittelbasierte Nassklebstoffe, Diffusionsklebstoffe, Kontaktklebstoffe sowie Dispersionsklebstoffe auf Wasserbasis einschließlich kolloidaler Systeme in Frage. Gläser mit einer Dicke zwischen 0,4 mm und 1,1 mm werden als Dünnglas bezeichnet. Gläser, die weniger als 0,2 mm dick sind, werden als ultradünne Gläser bezeichnet. Anwendungsgebiete für Dün- und Ultradünngläser sind je nach chemischer Zusammensetzung die Optik, Biotechnologie, Optoelektronik und Sensorik sowie die Displaytechnik und die Halbleiterindustrie. Unter der Produktbezeichnung D 263 T stellt das Mainzer Unternehmen Schott ein ultradünnes Borosilikatglas mit Standarddicken von 30 µm her. Die Produktbezeichnung AF 32-eco betrifft ein walzbares, ultradünnes und alkalifreies Aluminium-Borosilikat-Dünnglas mit niedrigem Wärmeausdehnungskoeffizient, geringer Mikrorauigkeit < 1 nm, einer Anwendungstemperatur von bis zu 650°C und hervorragenden Beschichtungseigenschaften. Kalk-Natron-Dünnglas ist eine kostengünstige Alternative zu den oben genannten High-End-Produkten und kann als ultradünnes Glas mit einer Dicke von 0,2 mm hergestellt werden. Bei der Sputterbeschichtung von Glas wird ein Punkttarget, z.B. aus einem Metall, mit Ionen beschossen, sodass die aus dem Metall herausgeschlagenen Atome eine hochreine Schicht auf einem daneben liegenden Dünnglas bilden. Es ist bekannt, dass sogenannte Hochtemperatursupraleiter (HTSL), deren Übergangstemperatur über 23 Grad Kelvin liegt, für Stromleitungen genutzt werden können. Keramische HTSL's erreichen eine Übergangstemperatur von 77 K, was der Siedetemperatur von Stickstoff entspricht. Yttrium-Barium-Kupferoxid ist ein bekanntes Beispiel dafür und wurde trotz der Sprödigkeit des keramischen Materials bereits als HTSL eingesetzt. In der Literatur (siehe A. Pawlak) wird ein Verfahren für die Herstellung eines flexiblen Leitermaterials beschrieben, bei dem das keramische Material in Röhren aus Silber gefüllt und dann zu flexiblen Bändern ausgewalzt wird. Am Massachusetts Institute of Technology hat 2017 ein Forscherteam unter der Leitung von Pablo Jarillo-Herrero die Fähigkeit von Graphen Strom verlustfrei zu leiten nachgewiesen, indem zwei wabenförmige Monoschichten aus Kohlenstoffatomen in einem Winkel von 1,1 Grad übereinandergelegt wurden und an einer stark abkühlten Probe eine elektrische Spannung angelegt wurde. Ferner hat sich gezeigt, dass unter Querdruck die Sprungtemperatur erhöht werden kann. Als ein Kagome-Muster wird in

Anlehnung an eine japanische Flechttechnik für Bambusstreifen ein Gitter bezeichnet, bei dem fünfeckige Sterne mit dreieckigen Spitzen ein regelmäßiges Raster bilden. Aktuelle Veröffentlichungen aus dem Bereich der Quantenphysik beschreiben Kagome-Metalle, deren Atomgitter Kagome-Muster aufweisen und neuartige elektromagnetische Eigenschaften haben. Ein derartiges Kagome-Metall ist z.B. eine Eisen-Zinn-Verbindung mit einer Kagome-Struktur, die nach dem theoretischen Physiker Ronny Thomale eine neue Art der Supraleitung ermöglichen kann. An dem schweizerischen Paul Scherrer Institut konnten mit dem Kagome-Metall Kalium-Vanadium-Antimon (KV₃Sb₅) erstmals mehrere außergewöhnliche Quantenphänomene bereits bei relativ hohen Temperaturen um -190 Grad Celsius nachgewiesen werden, die im Idealfall auch bei Raumtemperatur als sogenannte Hochtemperatursupraleitung funktionieren könnten. Im Bereich der Kunststoffe können organische Moleküle in Form von Monomeren, Oligomeren und insbesondere Polymeren auf dünne Schichten aufgebracht werden und leitfähige Bahnen bilden. Es besteht die Möglichkeit des Ladungstransfers durch sogenanntes Hopping. Durch Wanderung chemischer Bindungen über die gesamte Länge einer Polymerkette ist es möglich, ein elektronisches System zu bilden, wobei Übertragungslücken durch entsprechende Dotierung geschlossen werden, sodass eine mit Metallen vergleichbare Leitfähigkeit entsteht. Die Übertragung von Erkenntnissen und Entwicklungen der Drucktechnik, sowie aus der organischen und der Polymerchemie auf die Elektronik ist grundlegend für zukünftige Herstellungsprozesse in der Elektronik und Elektrotechnik. Bereits heute stehen Dispersionen und Suspensionen elektrisch leitender Materialien für eine gedruckte Elektronik zur Verfügung. Dazu gehören auch anorganische Materialien, die in flüssiger Form herstell- und prozessierbar sind. Sogenannte Massendruckverfahren, wie Tief-, Offset- und Flexodruck sind hinsichtlich dem Flächendurchsatz von vielen 10.000 m²/h anderen Druckverfahren, wie dem Tintenstrahldruck und dem Siebdruck weit überlegen und in besonderer Weise für das Drucken elektrischer Leiterbahnen in dünnen Schichten geeignet. Offset- und Flexodruckverfahren kommen für anorganische und organische Leiter in Frage. Der Tintenstrahldruck ist mit geringem Aufwand auch im Labormaßstab anwendbar. Der Siebdruck eignet sich für pastöse Materialien, die in dicken Schichten vor allem für Leiterbahnen aus anorganischen Metallen auf eine Tragschicht aufgebracht werden können. Weitere mögliche, dem Drucken verwandte Verfahren sind das sogenannte Microcontact-Printing und die Nanoprägelithografie. Auch Transferv Verfahren, bei denen feste strukturierte Schichten von einem Träger auf

das Substrat übertragen, zählen zu den Druckverfahren für die Elektronik. Elektrisch leitfähige Klebstoffe sind ebenfalls bereits bekannt. Aus dem Bereich der Beschichtungstechnologien ist hier auch die Pulverbeschichtung oder Pulverlackierung zu nennen, mit der ein elektrisch leitfähiges Material mit Pulverlack beschichtet wird. Die hergestellten Pulverlacke haben in der Regel Schichtdicken zwischen 60 und 120 µm. Substrate aus Stahl oder Aluminium sind für die Pulverbeschichtung geeignet. Ein Beschichtungsverfahren, das sich für unterschiedliche Substrate eignet, stellt die Partikel-Atomschichtabscheidung, als sogenanntes PALD- Verfahren dar. Dabei wird eine Dampfphasentechnik verwendet, um dünne Schichten auf einem Substrat abzuscheiden. Beim PALD-Verfahren und beim ALD-Verfahren wird die Oberfläche eines Substrats abwechselnd mit sogenannten Vorläufern (Precursor) bestrahlt, die sich nicht überlappen, sondern nacheinander zugeführt werden. Mit dem PALD-Verfahren kann eine umfangreiche Palette von Materialien abgeschieden werden, darunter Oxide, Metalle, Sulfide und Fluoride und diese Beschichtungen können je nach Anwendung eine große Bandbreite an Eigenschaften aufweisen. Sogenannte „DCB Boards“ sind beidseitig mit Kupfer beschichtete flächenförmige Bauteile, die aufgrund Ihrer Eigenschaft die Wärme gut ableiten zu können für die Herstellung elektronischer Bauteile sehr verbreitet sind. Sogenannte „IMS“ sind Isolierte Metall Substrate, die von der Henkel AG als Metallkern-Leiterplatten in der Regel aus Aluminium statt aus Kupfer mit einer dielektrischen Schicht aus mit Keramikpulver gefülltem Polymer hergestellt werden. Weitere Substrate mit besonders guter Wärmeableitung sind Aluminiumoxidkeramik, Berylliumoxid-Keramik, Aluminiumnitrid-Keramik und Saphir. Aluminiumoxid-Keramikscheiben werden oft ohne zusätzliche Metallplatte auf einen Kühlkörper montiert, wenn sie als Basisplatte von Halbleiterbauteilen oder Hybridschaltungen dienen. Aufgrund der komplizierteren Herstellung sind Keramiksubstrate nur bedingt für Prototypen geeignet.

Der Begriff Supraleitung umschreibt die Fähigkeit von Elektronen innerhalb bestimmter Materialien und Materialkombinationen bei sehr niedrigen Temperaturen ihren elektrischen Widerstand zu verlieren und Strom ohne Energieverlust leiten können. Diese Fähigkeit wird durch die Bildung von Cooper-Paaren erreicht, bei denen Elektronen zu Paaren gebunden sind und sich widerstandslos durch das Material bewegen können. Die Suche nach neuartigen Materialien und Technologien für Quantencomputer und deren Sensorik schließt die Supraleitung von Aluminium in Verbindung mit Graphen mit ein. Aluminium, das bei tiefen Temperaturen als ein

Supraleiter eingesetzt werden kann, ermöglicht in der Kombination mit Graphen, einem Material mit einzigartigen Eigenschaften wie hoher Leitfähigkeit und Flexibilität, die Entwicklung neuer und verbesserter supraleitender Systeme.

Aus der DE 10 2022 001 536 B4 geht eine elektrische Maschine mit einer Matrixschaltung hervor, die einen aus Tragschichten für Leiterbahnen gebildeten Schichtkörper aufweist, der für die Ableitung der im Dauerbetrieb anfallenden Wärme nur bedingt geeignet ist.

Aus der DE 10 2020 120 282 A1 geht eine Vorrichtung zum Transport von Objekten hervor, bei der ein statorseitiger Energiespeicher mit dem Planarantriebssystem verbunden und dazu ausgebildet ist, eine Energieversorgung des Planarantriebssystems zu übernehmen, wenn eine Fehlfunktion einer normalen Energieversorgung des Planarantriebssystems auftritt.

Aus der DE 10 2018 006 259 A1 geht eine Beförderungsvorrichtung für Wafer hervor, die mindestens zum Tragen und Halten eines Wafers ausgebildet ist, wobei der Wafer zumindest zweidimensional auf einer Beförderungsfläche bewegbar ist.

Aus der DE 10 2019 117 424 A1 geht ein Verfahren zur Konfiguration eines Planarantriebssystems hervor, bei dem mehrere aneinander grenzende Statormodule für den Antrieb von mindestens einem Läufer ausgebildet sind. Die Statormodule sind dazu ausgebildet, ein Magnetfeld zu erzeugen und weisen jeweils Magnetfeldsensoren zum Erfassen des Magnetfelds auf.

Aus der WO 2008 / 092 630 A2 geht ein Elektromotor mit Rotor und Stator hervor, bei dem der Stator wenigstens ein Statorwicklungselement mit Spulenelementen aufweist und der Stator und der Rotor gegeneinander bewegbar sind und durch wenigstens einen Spalt auf Abstand gehalten werden.

Aus der US 7 841 450 B2 geht ein Aufzugssystem für ein Hochhaus hervor, bei dem mehrere Aufzüge in einem Schacht fahren können und unterschiedliche vertikal übereinander angeordnete Regionen des Hochhauses erschließen. Das Aufzugssystem hat den Nachteil, dass nicht alle Geschosse des Hochhauses unmittelbar von der Eingangsebene aus erschlossen werden können und ein Umstieg der Passagiere von einem Expresslift in eine regionale Zubringerkabine erforderlich ist.

Aus der DE 10 2013 214 128 A1 geht eine Spulenordnung für den Stator einer elektrischen Maschine hervor bei der die Spulenwicklung einen Stapel mit mindestens zwei Ebenen von Leiterbahnen aufweist, die spiralförmig in gegensinniger Umlaufrichtung um den Mittelpunkt der Spulenwicklung von innen nach außen

umlaufend angeordnet sind. Dabei sind mindestens zwei Ebenen Leiterbahnen übereinander angeordnet und elektrisch miteinander gekoppelt.

Aus der US 4 126 797 geht ein Elektromotor hervor bei dem eine erste Gruppe von Polen mit einer zweiten Gruppe elektrisch schaltbarer Pole derart zusammen wirkt, dass ein Antriebsmoment entsteht.

Aus der US 2021 / 0 013 784 A1 geht ein 3D Druckverfahren zur Herstellung eines Motorgenerators hervor, bei dem leitende Bereiche und Kernbereiche einander abwechselnd angeordnet sind, um eine Mehrzahl elektrischer Leiter herzustellen, die jeweils an ihren Enden untereinander verbunden sind und eine Art Wicklung bilden. Unterschiedliche Füllgrade der in dem 3-D Druckverfahren gebildeten Hohlräume ermöglichen mit einem jeweils unterschiedlichen Füllgrad der Wicklung eine Anpassung an die jeweilige Aufgabe.

Aus der US 2021 / 0 152 043 A1 geht ein Stator für eine elektrische Maschine hervor, die eine Schichtanordnung unterschiedlich profilierter Leiterprofile aufweist, wobei die Schichten im Uhrzeigersinn eine radiale Anordnung von innen nach außen aufweisen.

Aus der US 2012 / 0 007 460 A1 geht eine verteilte Wicklung für eine elektrische Maschine hervor, die aus flachen Leiterbahnen aufgebaut ist und an ihren Enden jeweils phasenweise untereinander verbunden sind. Dabei zeigt die verteilte Wicklung, außerhalb des Induktionssystems eine charakteristische Wellenstruktur der bandförmigen Leiter die im Uhrzeigersinn von innen nach außen verlaufen.

Aus der DE 10 2020 113 905 A1 geht eine Axial-Fluss-Maschine hervor bei der der Stator sich in axialer Richtung erstreckende Statorzähne für die Aufnahme jeweils einer Einzelzahnwicklung aufweist. Dabei sind mindestens zwei der Einzelzahnwicklungen pro Phase der Axial-Fluss-Maschine in Serie geschaltet, sodass mindestens zwei in Serie geschaltete Einzelzahnwicklungen jeder Phase an einem radial innen liegenden Endabschnitt der jeweiligen Einzelzahnwicklung elektrisch verbunden sind.

Aus der EP 3 573 215 A1 geht eine Wicklungsanordnung für einen Rotationsmotor hervor, bei dem bandförmige elektrische Leiter einer Wicklung um Statorkerne herum angeordnet sind und mit einer zweiten unabhängig um die Statorkerne geführten Wicklung elektrisch verbunden sind

Aus der DE 10 2012 009 268 A9 geht ein permanent erregter Longitudinalfluss-Linearmotor hervor, bei dem die Statorfläche des Blechpakets parallel und radial zur Läuferachse angeordnet ist.

Aus der DE 41 05 999 A1 geht eine Leitungsspule hervor, die auf der Oberfläche eines isolierenden Substrats aufgebracht ist, wobei eine Vielzahl isolierender Substrate und eine Vielzahl von Leitungsspulen abwechselnd geschichtet sind und durch ein Leitungsmaterial untereinander verbunden sind und zu einer Folienspule aufgerollt werden können.

Aus der WO 2008 / 148 513 A1 geht ein Lager- und Transportsystem mit einem elektromagnetischen Flächenmotor hervor, der eine Transportvorrichtung antreibt. Als Transportvorrichtung dienen insbesondere fahrbare Paletten oder Wagen, die auf Rädern oder Rollen gelagert sind. Die Transportvorrichtung ist hinsichtlich des Antriebs durch den Flächenmotor passiv ausgestaltet.

Aus der DE 10 2020 120 279 A1 geht eine Behälterbehandlungsanlage hervor, bei der eine Mehrzahl von Behältern individuell bewegt werden kann. Die Behälter sind an unterschiedliche Formate, Inhalte, Gestaltungen, Gebinde und Verpackungen anpassbar.

Aus der DE 10 2016 009 434 A1 geht eine Vorrichtung für eine dreidimensionale additive Druckoperation mit einem linearen Direktantrieb für die Druckköpfe hervor.

A.Pawlak: Supraleitung bis ins Stadtzentrum. Physik Journal, Band 13, 2014, Ausgabe 6, S.6.

Mielke, C., Das, D., Yin, JX. et al.; "Time-reversal symmetry-breaking charge order in a Kagome superconductor"; Nature; 602, Seite 245-250 (2022)

Aufgabenstellung

Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde eine elektrische Maschine zu finden, bei der das Kühlsystem als ein integraler Bestandteil des Induktionssystems ausgebildet ist. Eine erste damit verbundene Aufgabe, besteht in der Herstellung eines wärmeleitenden Kontakts zwischen einem Wärmeübertrager und den Leiterbahnen der Wicklung einer elektrischen Maschine. Eine zweite damit verbundene Aufgabe besteht in der Herstellung eines wärmeleitenden und eines elektrisch leitenden Kontakts zwischen dem Wärmeübertrager und den Leiterbahnen der Wicklung der elektrischen Maschine. Eine dritte Aufgabe besteht darin den hohen Wirkungsgrad einer elektrischen Maschine, der im Temperaturbereich von -20°C bis +20°C bis zu 96% beträgt auch im Dauerbetrieb sicherzustellen. Eine vierte, mit der Integration des Kühlsystems in die Schaltung und die Wicklung einer elektrischen Maschine verbundene Aufgabe, besteht darin die

Temperatur in einem Wärmeübertrager und in mindestens einer angrenzenden Schicht der Wicklung auf die Sprungtemperatur abzusenken um eine Supraleitung in den elektrischen Leitern der elektrischen Maschine zu ermöglichen.

Diese Aufgaben der Erfindung werden mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem Kühlsystem für ein Induktionssystem. Die erfindungsgemäße elektrische Maschine hat einen von einem Hohlschichtkörper gebildeten Stator und ist mit einem Gehäuse und mit einer Motorachse für nur einen Läufer als Radialflussmaschine, als Axialflussmaschine, als eine TFRM und als TFPM ausgebildet. Eine elektrische Maschine mit einem flächenförmigen oder hohlzylinderförmigen Stator für mehr als einen Läufer wird im Rahmen der Erfindung als Wanderfeldmaschine bezeichnet. An dem Hohlschichtkörper ist eine erste, von Folien und von Leiterbahnen mit zwei Oberflächen gebildete Gruppe von Schichten in ein von einer Mehrzahl von Blechpaketen aus Blechlamellen gebildetes Joch des Stators eingespannt und mit einer Wicklung dazu ausgebildet, die Blechpakete mittels einer Regelelektronik für eine Matrixschaltung mit mindestens einer Phase von Wechselstrom zu erregen. Eine zweite Gruppe von Schichten des Hohlschichtkörpers weist ein Hohlkammerprofil aus Kunststoff oder Metall auf, das als ein Wärmeübertrager mit einer pneumatischen oder hydraulischen Kanalstruktur und mit Kontaktflächen zu einer Oberfläche der Leiterbahnen dazu ausgebildet ist, Wärme in einem Kühlmittelkreislauf mit einem Vorlauf und mit einem Rücklauf für ein gasförmiges und/oder flüssiges Wärmeträgerfluid, zwischen einer von einer Wicklung und dem jeweiligen Blechpaket gebildeten Wärmequelle zu einer außerhalb des Induktionssystems liegenden Wärmesenke zu übertragen. Mit einem Kühlmittelkreislauf für ein von Flüssiggas gebildetes Wärmeträgerfluid wird in einem elektrisch leitenden Hohlkammerprofil aus Metall und in mindestens zwei an das Hohlkammerprofil angrenzenden Schichten die Ausbildung eines supraleitenden Hohlschichtkörpers ermöglicht.

Weitere vorteilhafte Merkmale und Ausführungsvarianten der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor. Im Einzelnen hat die Erfindung folgende vorteilhafte Eigenschaften für die folgenden Aufgaben:

- Angabe eines selbsttragenden, gegenüber Gasen und Flüssigkeiten dichten, mehrschichtig aufgebauten Hohlschichtkörpers des Induktionssystems der elektrischen Maschine,

- Angabe eines Kühlsystems für den Hohlschichtkörper,
- Angabe eines supraleitenden Hohlschichtkörpers,
- Angabe einer wärmeleitenden Verbindung zwischen einem Wärmeübertrager und der Oberfläche einer Wicklung des Hohlschichtkörpers,
- Angabe einer elektrischen Verbindung zwischen einem Wärmeübertrager und der ersten Schicht einer Wicklung,
- Angabe eines Füllstoffs als Paste, als Lot zur Herstellung einer wärmeleitenden und/oder einer elektrisch leitenden Verbindung,
- Angabe eines Hohlkammerprofils mit einer innenseitig vergrößerten Oberfläche,
- Angabe einer supraleitenden elektrischen Maschine mit einem Vakuumdämmsystem zwischen der Wicklung und einem Blechpaket des Induktionssystems,
- Angabe eines viereckigen Hohlkammerprofils, das in mindestens jeweils zwei an der langen Seite des Rechtecks angrenzenden Schichten einer Wicklung aus Leiterbahnen die Ausbildung einer supraleitenden elektrischen Maschine ermöglicht,
- Angabe von Leiterbahnen aus Aluminium oder Kupfer die aus einer Metallfolie ausgestanzt und auf ein von einer Kunststoffolie gebildetes Beschichtungssubstrat gedruckt werden,
- Angabe eines Stanzverfahrens mit einem Drehwerkzeug um aus sogenannten „DCB Boards“, beidseitig mit Kupfer beschichtete ebene Leiterbahnstrukturen für Axialfluss- oder Wanderfeldmaschinen herzustellen,
- Angabe eines Kühlsystems mit einem von hochreinem Wasserstoff gebildeten Wärmeträgerfluid, das in einer gegenüber dem Induktionssystem hermetisch abgedichteten Kanalstruktur geführt wird,
- Angabe eines von einem Thermoöl gebildeten Wärmeträgerfluides,
- Angabe einer Kühlmittelpumpe für den Kühlmittelkreislauf eines flüssigen oder gasförmigen Wärmeträgerfluides,
- Angabe einer supraleitenden Kanalstruktur, die eine Zwischenschicht in einem von mindestens drei Schichten gebildeten Hohlschichtkörper bildet,
- Angabe ausgestanzter, flacher Leiterbahnen aus Metall,
- Angabe einer biegeweichen und dehnsteifen Tragschicht aus einem Kunststoff oder aus ultradünnem Glas,

- Angabe einer temperaturbeständigen und beschichtbaren Folie aus Polyethylen, Polyimid, Polyamid oder PTFE,
- Angabe eines Massendruckverfahrens für den Aufdruck der Leiterbahnen von der Rolle auf die Rolle,
- Angabe eines Jochs des Stators mit einer einheitlichen Schlüsselweite für eine elektrische Maschine,
- Angabe bestrombarer Felder einer Matrix bei der das magnetische Feld mittels einer Regelelektronik für eine Mehrzahl von MOSFET-Transistoren (metaloxide semiconductor fieldeffect transistor) und Sensoren steuerbar und akkumulierbar ist,
- Angabe einer Folie mit einer ein- oder beidseitig ausgebildeten Reliefform zur Aufnahme der Leiterbahnen,
- Angabe einer kombinierten Linear- und Drehbewegung für den Schlitten eines Raumfahrzeugs,
- Angabe eines in sich biege- schub- und torsionssteifen, sowie gas- und wasserdichten Hohlschichtkörpers,
- Angabe eines abtragenden Verfahrens, bei dem die Leiterbahnen aus einer mindestens einseitig mit stromleitendem Material beschichteten Tragschicht z.B. in einem Ätzverfahren heraus-gelöst werden,
- Angabe einer Tragschicht, die mit stromleitenden organischen Polymerketten beschichtbar ist,
- Angabe eines PALD-Verfahrens (Particel Atomic Layer Deposition) für die Beschichtung der Klebefolien mit einer supraleitenden, atomaren Schicht eines Kagome-Metalls,
- Angabe eines Rollverfahrens für die Herstellung einer versiegelten Folienrolle aus Klebefolie auf einem Haspel,
- Angabe beheizbarer Kalander für die Herstellung eines monolithischen Verbunds der Tragschichten der Folienrolle
- Angabe eines Fahr- und Ladesystems für ein Elektrofahrzeug mit einem Batteriespeicher und einem Elektromotor,
- Angabe einer Vielzahl von Elektrofahrzeugen, die mit einer Geschwindigkeit von mehr als 100 km/h fahren und deren Batteriespeicher dabei aufgeladen wird,
- Angabe eines mit dem Batteriegehäuse verbundenen Unterbodenpaneeels des Elektrofahrzeugs,
- Angabe einer Niveauregulierung für das unterbodenpanel eines Elektrofahrzeugs,

- Angabe einer bidirektionalen Stromübertragung zwischen einem von einer Fahrbahn gebildeten Stator und einem von einem Elektrofahrzeug gebildeten Läufer.

Wirtschaftliche Herstellungsverfahren für den Hohlschichtkörper

Für die wirtschaftliche Herstellung einer elektrischen Maschine spielt die Maßordnung von vorgefertigten Komponenten, die in einem Stecksystem zu einem Hohlschichtkörper gefügt werden eine entscheidende Rolle. Maßgebend dafür ist eine einheitliche Schlüsselweite, der zu unterschiedlichen Blechpaketen gebündelten Blechlamellen, die an der jeweiligen elektrischen Maschine ein Joch des Stators für eine passgenaue Verankerung der Schichten der ersten und der zweiten Gruppe bilden. Im Hinblick auf die von mindestens einer Zeile und/oder einer Spalte gebildete Matrix einer elektrischen Maschine weisen die Schichten der ersten und der zweiten Gruppe des Hohlschichtkörpers jeweils eine Höhe auf, die einer Höhe der Wicklungen in den Schichten der ersten Gruppe und einer Höhe der Kanalstrukturen in den Schichten der zweiten Gruppe entspricht. Pneumatische Kanalstrukturen werden von einem gasförmigen Wärmeträgerfluid und hydraulische Kanalstrukturen werden von einem flüssigen Wärmeträgerfluid durchströmt und weisen an einer Radialflussmaschine eine Mehrzahl von Schlaufenkanälen, die parallel zu der Motorachse verlaufen, an einer Axialflussmaschine eine Mehrzahl von Sternkanälen, die radial zu der Motorachse verlaufen, und an einer TFRM, und an einer TFPM eine der Anzahl der Phasen des Wechselstroms entsprechende Mehrzahl von Ringkanälen, die quer zu der Motorachse verlaufen, und an einer Wanderfeldmaschine eine Mehrzahl von konzentrisch und coaxial zu den Magnetachsen der Matrix angeordnete Spiralkanäle auf. Kanalstrukturen aus Kunststoff haben ein Hohlkammerprofil, das in einem Strangpress- in einem Spritzguss- oder in einem Tiefziehverfahren aus zwei Hälften herstellbar ist, und Kanalstrukturen aus einem elektrisch leitfähigen Metall sind in einem 3D-Druckverfahren herstellbar. Der Begriff Matrix spielt nicht nur für die Maßordnung und für die Steuerung erfindungsgemäßer elektrischer Maschinen eine Rolle sondern auch für deren Herstellung. In der Mathematik wird eine Rotationsmatrix als eine Matrix mit der Determinante eins plus beschrieben. Die Multiplikation der Rotationsmatrix mit einem Vektor kann sowohl als aktive Drehung des Vektors im euklidischen Raum, als auch als eine passive Drehung des Koordinatensystems verstanden werden, wobei sich im Fall der aktiven Drehung der Drehsinn des Vektors umgekehrt und im Fall der passiven Drehung der Vektor unverändert bleibt und unterschiedliche Koordinaten im alten und

im neuen Koordinatensystem annimmt. Das Ergebnis einer Multiplikation der Matrix mit einem Nullvektor bildet den Nullvektor auf sich selbst ab und beschreibt damit eine ursprungsbezogene Drehung. In ungeraden Dimensionen werden durch eine Drehung weitere Vektoren auf sich selbst abgebildet. Mit Bezug zu dem vorgeschlagenen Herstellungsverfahren ist in einem dreidimensionalen Raum eine Gerade durch die Drehachse definiert. Dementsprechend enthält die Rotationsmatrix mindestens eine trigonometrische Angabe für den Drehwinkel und für die Orientierung des invarianten Unterraumes. Die Herstellung einer Drehmatrize für ein Drehwerkzeug folgt diesen mathematischen Vorgaben. Die Beschichtung der Drehstempel einer Rotationsmatrize verhindert Reibungsverschleiß und Korrosion, sodass sich das Stanzverfahren durch die Robustheit entsprechend geschützter Drehstempel und durch hohe Schnittgeschwindigkeiten auszeichnet und deshalb für die Herstellung einer aus Zeilen und/oder Spalten bestehenden Matrix des Induktionssystems in besonderer Weise geeignet ist. Dieses für eine Massenproduktion taugliche Stanz-Druckverfahren senkt die Produktionskosten für elektrische Maschinen im Vergleich zu einem ebenfalls möglichen Herstellungsverfahren, bei dem der Hohlschichtkörper des Induktionssystems in einem 3D-Druckverfahren aus unterschiedlichen Materialien kontinuierlich und schichtweise aus mehreren Lagen eines Kunststoffs als Bindemittel für die Tragschichten und Leiterbahnen aus Metall, einschließlich der Matrixschaltung zwischen den ersten und zweiten Enden der Leiterbahnen unter Aussparung der Hohlräume für die Aufnahme der Blechpakete herstellbar ist. Die Wicklungen und die Kanalstrukturen sind mittels eines von Klebstoff gebildeten Bindemittels in den gegenüber Gasen und Flüssigkeiten dichten, in sich biege-, schub- und torsionssteifen Hohlschichtkörper eingebettet. Dabei sind die Schichten der ersten Gruppe und die Schichten der zweiten Gruppe als Fertigteile untereinander konstruktiv und elektrisch verbindbar. Leiterbahnen, die mit einem Drehwerkzeug oder mit einer flächenförmigen Matrize aus einer Metallfolie ausgestanzt werden, weisen an einer Radialflussmaschine eine verteilte Wicklung, an einer Axialflussmaschine eine konzentrierte Wicklung, an einer Transversalflussmaschine eine Ringwicklung und an einer Wanderfeldmaschine eine spiralförmige Wicklung auf, wobei Kunststofffolien ein Beschichtungssubstrat für die mindestens einseitige Beschichtung mit den Leiterbahnen bilden. An der Axialfluss- und der Wanderfeldmaschine können die Leiterbahnen mit einem Drehwerkzeug aus beidseitig mit Kupfer oder Aluminium beschichteten flächenförmigen Halbzeugen ausgeschnitten werden. Die Leiterbahnen der Wicklungen haben jeweils am Eingang des Gehäuses erste Enden für mindestens eine

Phase von Wechselstrom und sind an zweiten Enden der Wicklungen mit einer Phasenbrücke derart untereinander verbunden sind, dass eine aus mindestens einer Zeile und/oder einer Spalte gebildete Matrix mit der Matrixschaltung der Regelelektronik für Wechselstrom steuerbar ist. Die temperaturbeständigen Folien für die Wicklungen bestehen aus einem Kunststoff aus der Gruppe der Polyamide (PPA), der Polurethane (PU) oder der Polyethylene (PE), und der Polyethylenenterephthalate (PET) und von Polytetrafluorethylen (PTFE) als dem Material mit der höchsten Temperaturbeständigkeit. Bei weiteren Ausführungsvarianten bilden die Folien ebene Lagen aus einem Kunststoff aus der Gruppe der Polyoxymethylene (POM) oder der Polybutylenenterephthalate (PBT), der Acetate (AC) einschließlich von Cellulose-Triacetat, oder aus organischen Materialien wie Papier oder Karton, oder aus anorganischem Material wie Keramik oder Dünnglas mit einer Schichtdicke von 0,1 bis 1mm. Die genannten Kunststofffolien werden mindestens einseitig mit Klebstoff beschichtet und bilden ein Beschichtungssubstrat für die in einem Massendruckverfahren auf mindestens eine der beiden Oberflächen der Folie gedruckten metallischen Leiterbahnen, und dienen jeweils der Isolierung zwischen den einzelnen Schichten der Wicklungen. Alternativ kann doppelseitiges Klebeband als Zwischenlage einer an beiden Oberflächen mit Leiterbahnen bedruckten Folie für den allseitigen Einschluss der Wicklungen in dem Hohlschichtkörper verwendet werden. Im Fall einer Folie aus Cellulose-Triacetat bestehen die Leiterbahnen aus organischen Polymerketten, die in einem speziellen Beschichtungsverfahren auf eine Papierfolie aufgebracht und versiegelt werden. Bei beidseitig mit Metall beschichteten Folien werden die Leiterbahnen in einem abtragenden Verfahren aus den Oberflächen heraus geätzt oder heraus geschnitten. Dabei kann ein Drehwerkzeug für ein Stanzverfahren zum Einsatz kommen, mit dem Leiterbahnstrukturen für Axialfluss- oder Wanderfeldmaschinen aus mit beidseitig mit Kupfer beschichteten, sogenannten „DCB Boards“, herausgeschnitten werden können.

Elektrotechnische Details

In einer vorteilhaften Ausführungsvariante bilden die Folien eine Hülle für Leiterbahnen aus Metall, wobei die Leiterbahnen im Querschnitt flach, rechteckig, polygonal oder oval ausgebildet sein können und die elektrischen Kontakte an den ersten Enden und an den zweiten Enden der Leiterbahnen durch Löten, Laserschweißen, Schrauben oder mittels von einem elektrisch leitfähigem Klebstoff hergestellt werden. Bevorzugt besteht die Tragschicht für die Leiterbahnen aus einer dehnsteifen und biegeweichen Kunststofffolie

oder aus ultradünnem Glas mit einer Schichtdicke von 0,05-0,2 mm und bildet an mindestens einer der beiden Oberflächen ein Beschichtungssubstrat für die Leiterbahnen und für einen Klebstoff als Füllung zwischen den Leiterbahnen und den Folien, wobei eine Mehrzahl von Schichten der ersten Gruppe zusammen mit den Schichten der zweiten Gruppe den gegenüber Gasen und Flüssigkeiten dichten Hohlgeschichtkörper bildet. Die Folien sind mindestens an einer der beiden Oberflächen bevorzugt in einem Massendruckverfahren mit Leiterbahnen beschichtbar. Alternativ können die Leiterbahnen auf die Tragschicht gesputtert, gesintert oder geklebt werden, wobei Leiterbahnen, die an den beiden Oberflächen einer Folie angeordnet sind, durch eine doppelseitig beschichtete Klebefolie voneinander getrennt sind. Klebestreifen zwischen den Leiterbahnen und an den Rändern einer Klebefolie stellen eine kraftschlüssige Verbindung der einzelnen Schichten des Hohlgeschichtkörpers her. Aus einer beidseitig mit Metall beschichteten Tragschicht können die Leiterbahnen in einem abtragenden Verfahren aus den beiden Oberflächen heraus geätzt oder geschnitten werden. Leiterbahnen, die an den beiden Oberflächen der Tragschicht angeordnet sind, können zu einer zweiadrigen Leiterbahn zusammengefasst werden.

Klebertechniken für die Schichten des Hohlgeschichtkörpers

Das Induktionssystem des Stators weist eine Mehrzahl von Schichten auf, die jeweils an beiden Oberflächen ein Beschichtungssubstrat für einen Klebstoff für die Verbindung der Leiterbahnen mit den Folien aufweisen. Folien aus Papier oder Kunststoff können in einem linearen Prozess hergestellt und in einem Massendruckverfahren auf einer Papiermaschine mit den Leiterbahnen bedruckt werden. Die mit Leiterbahnen verbundenen Folien werden in Modulgröße zugeschnitten, und auf einer Lehre für den späteren Einbau der Blechpakete gestapelt um anschließend in einer Presse oder in einem Autoklaven unter Druck und Hitze auszuhärten. Ein weiteres vorteilhaftes Herstellungsverfahren für den Hohlgeschichtkörper ist ein 3D-Druckverfahren für unterschiedliche Materialien, bei dem die einzelnen Schichten kontinuierlich aus mehreren Lagen eines Kunststoffs als Tragschicht und als Bindemittel für Leiterbahnen aus Metall, einschließlich der Matrixschaltung zwischen den ersten und zweiten Enden der Leiterbahnen und einschließlich der einzelnen Hohlräume für den späteren Einbau der Blechpakete aufgebaut wird. Als Klebstoff für Schichten, die bereits mit Leiterbahnen beschichtet oder bedruckt sind, eignen sich sowohl chemisch aushärtende oder physikalisch abbindende Klebstoffe, als auch Klebstoffe mit kombinierter Wirkung. Besonders vorteilhaft ist die Aushärtung des Klebstoffs durch

Polymerisation bei Sofortklebstoffen wie Cyanacrylaten, Methylmeth-Acrylaten und ungesättigten Polyestern. Für die gegenseitige Verbindung von Tragfolien, die aus Kunststoff, Dünnglas, Papier oder Karbonfaserfolien bestehen, eignen sich anaerob härtende Klebstoffe, strahlenhärtende Klebstoffe oder Klebstoffe, die durch Trocknung aushärten als Bindemittel für den Hohlschichtkörper. Lösungsmittelbasierte Nassklebstoffe, Diffusionsklebstoffe, Kontaktklebstoffe, sind für Schichten aus Papier oder Karton geeignet, ebenso wie Dispersionsklebstoffe auf Wasserbasis einschließlich von kolloidalen Systemen. Für Tragschichten aus ultradünnem Glas sind unter UV-Licht und Wärme aushärtende Klebstoffe besonders geeignet, während für die Befestigung von Leiterbahnen aus Metall auf Karbonfaserbändern Haftklebstoffe, die als Klett- oder Steck-Rastverbindungen ausbildbar sind, in Frage kommen, wobei für die Verbindung der Karbonfaserbänder untereinander Epoxid-Klebstoffe, Polyurethan-Klebstoffe und Silikone vorgesehen sind. Mit einem kombinierten physikalisch-chemischen Wirkprinzip des Bindemittels ist eine hohe Temperaturbeständigkeit der Klebstoffverbindung für die Folien durch Polykondensation von Phenolharzen oder Polyimiden oder Polysulfiden oder von Silan-modifizierten Polymeren erreichbar. Bestehen die Tragschichten aus Karbonfaserlagen, wird ein Zweiphasen-Polymer als Bindemittel während des Stapelns auf einer Lehre für den späteren Einbau der Blechpakete aufgetragen. Dabei werden die einzelnen Karbonfaserlagen einschließlich der Leiterbahnen für die Erregung der Eisenpakets mittels des Zweiphasen-Polymers untereinander verklebt und in einem Autoklaven ausgehärtet, sodass ein gegenüber Gasen und Flüssigkeiten dichter Hohlschichtkörper gebildet wird. Von besonderem Vorteil ist eine beidseitig mit Leiterbahnen bedruckte Folie, deren erste Oberfläche mit der ersten Komponente und deren zweite Oberfläche mit der zweiten Komponente eines Zwei-Komponenten-Klebstoffs beschichtet ist, sodass bereits während des Aufrollens auf einem Haspel ein monolithischer Verbund der einzelnen Lagen des Hohlschichtkörpers hergestellt wird. Wird die Tragschicht mit den Leiterbahnen unmittelbar vor dem Aufrollen auf dem Haspel über beheizbare Kalander geführt, kann der Folienverbund in einem Schmelz- Klebverfahren hergestellt werden.

Die Herstellung der Wicklungen

In einer bevorzugten Ausführungsvariante für die Beschichtung der Folien mit Leiterbahnen erhalten Folien aus Kunststoff zunächst eine mindestens einseitige Beschichtung mit einem Klebstoff, der auf die Folien aufgebracht wird um Leiterbahnen,

die mit einem Drehwerkzeug oder mit einer flächenförmigen Matrize aus einer Metallfolie aus Aluminium, Kupfer oder Silber ausgestanzt werden auf den Folien zu fixieren. Abhängig vom jeweiligen Typ der elektrischen Maschine sind mit diesem Verfahren unterschiedliche Wicklungen herstellbar, wobei eine Radialflussmaschine mit einer verteilten Wicklung, und eine Axialflussmaschine mit einer konzentrierten Wicklung, und eine Transversalflussmaschine mit einer Ringwicklung und eine Wanderfeldmaschine mit einer Vielzahl spiralförmiger Wicklungen ausgebildet ist. Die Leiterbahnen der Wicklungen haben jeweils am Eingang des Gehäuses erste Enden für mindestens eine Phase von Wechselstrom und sind an zweiten Enden mit einer Phasenbrücke derart untereinander verbunden, dass eine aus mindestens einer Zeile und/oder einer Spalte gebildete Matrix mit der Matrixschaltung der Regelelektronik steuerbar ist.

Die Herstellung eines supraleitenden Hohlschichtkörpers

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung wird die Hochtemperatursupraleitung (HST) dadurch erreicht, dass die mit Klebstoff beschichteten Folien beidseitig mit einer eindimensionalen Lage von Graphen beschichtet werden, bevor sie mit den auf einer Bogendruck- oder einer Rotationsdruckmaschine ausgestanzten Leiterbahnen beschichtet werden, sodass mit der Kombination aus Aluminium und Graphen ein supraleitender Hohlschichtkörper hergestellt wird, bei dem eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen genutzt werden kann. Mit der Kombination aus Aluminium und Graphen kann ein supraleitender Hohlschichtkörper mit einer Matrixschaltung für eine aus mindestens einer Zeile und/oder Spalte gebildete Matrix dadurch hergestellt werden, dass eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu Blechpaketen gebündelten Blechlamellen genutzt wird. Die Temperaturbeständigkeit einer Folie aus Polytetrafluorethylen (PTFE), für die eine Spanne zwischen -140°C und $+260^{\circ}\text{C}$ und kurzfristig sogar bis $+300^{\circ}\text{C}$ angegeben wird, liegt im Rahmen der mit HST-Systemen erzielbaren Sprungtemperaturen. Alternativ können die Leiterbahnen mit einem elektrisch aufladbaren, keramischen Hochtemperatursupraleiter in Pulverform beschichtet, der als ausgehärtete Lage dazu ausgebildet ist, die Konduktivität der von dünnen und flexiblen Stahlbändern gebildeten Leiterbahnen zu erhöhen. Eine weitere Möglichkeit für die Herstellung einer supraleitenden Wicklung besteht darin, einen keramischen Hochtemperatursupraleiter als Pulver in Hohlkammerprofile zu füllen, die anschließend flach ausgewalzt werden und als flache Bänder mit den Folien verbindbar sind. Eine weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante ist mit einer supraleitenden Kagomestruktur

gegeben, bei der atomare Lagen eines Kagome-Metalls, die in einem PALD-Verfahren (Particle Atomic Layer Deposition) auf Leiterbahnen aus Metall aufgebracht werden, an der Oberfläche der Leiterbahnen eine supraleitende Lage bilden, sodass die Konduktivität der Leiterbahnen bereits bei Umgebungstemperatur erhöht wird. Weiterhin ist im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass die Leiterbahnen entweder auf mindestens eine der Oberflächen der Folie gesputtert, gesintert oder geklebt werden, wobei Leiterbahnen an den beiden Oberflächen der Folie durch eine Zwischenlage voneinander getrennt sind, oder dass Klebestreifen zwischen den Leiterbahnen und an den Rändern einer Klebefolie für die Verbindung der einzelnen Lagen der Wicklungsanordnung vorgesehen sind.

Elektrische Maschinen ohne eigene Regelelektronik

Elektrische Maschine die den Wechselstrom direkt aus dem Netz beziehen kommen ohne eine eigene Regelelektronik aus. Dabei ist die Ausbildung einer sogenannten Dahlanderschaltung möglich, die eine Teilung der Motordrehzahl im Verhältnis 1 zu 2 sowohl an einer Radialflussmaschine mit einer verteilten Wicklung als auch mit einer Axialflussmaschine mit einer konzentrierten Wicklung und an einer Transversalflussmaschine mit einer Ringwicklung ermöglicht. Die Dahlanderschaltung ermöglicht den Betrieb der genannten elektrischen Maschinen mit zwei Geschwindigkeiten, wobei die Leiterbahnen jeweils an ihren ersten Enden an drei Eingängen des Gehäuses mit drei Phasen von Wechselstrom bestrombar sind, während die zweiten Enden mit einer Phasenbrücke der Matrixschaltung untereinander verbunden sind und mittels der die Schichten durchquerenden Blechlamellen eines Blechpakets ein rotierendes magnetisches Feld für einen Läufer erzeugen, wobei eine Radialflussmaschine, eine Axialflussmaschine, eine TFM und eine TFRM mittels von Zeilen- oder Spaltenvektoren einer Matrixschaltung für eine von einer Zeile oder einer Spalte gebildete Matrix steuerbar ist. Alternativ kann ein Motor ohne eigene Regelelektronik dadurch hergestellt werden, dass zwei voneinander getrennte Wicklungen in dem Motor eingebaut werden. Dabei kann der Motor so konfiguriert werden, dass er mit unterschiedlichen Betriebseigenschaften arbeitet, je nachdem, welche dieser Wicklungen angeschlossen ist. In vielen Fällen weist eine der beiden Wicklungen eine höhere Polpaarzahl auf, was zu einer Reduzierung der Drehzahl führt. Der Motor mit zwei getrennten Wicklungen weist abweichende Drehzahlverhältnisse auf, die beispielsweise $1/3$, $1/4$ oder andere Werte annehmen können.

Systemkonstruktionen für supraleitende Wanderfeldmaschinen

Bei einer von Zeilen und Spalten gebildeten Matrix, sind die von den einzelnen Kämmen der kammförmigen Blechpakete gebildeten Elemente der Matrix individuell schaltbar, wobei magnetische Kreise in jeder einzelnen Lage über die Zeilen und über die Spalten und auch über die Haupt und Gegendiagonalen der Matrix schaltbar sind, sodass die elektromagnetischen Feldkräfte mittels einer programmierbaren oder sensorgesteuerten Regelelektronik der Matrixschaltung in unterschiedliche Richtungen gelenkt werden können. Ein supraleitend ausgebildete Hohlschichtkörper einer erfindungsgemäßen Wanderfeldmaschinen ist mit einer Matrixschaltung für die von Zeilen und von Spalten gebildete Matrix in den Schichten der ersten und der zweiten Gruppe ausgebildet, wobei an einem hohlzylinderförmigen oder flächenförmigen Stator kammförmig ausgebildete Blechlamellen, von einer Mehrzahl konzentrierter Wicklungen erregt werden, sodass mittels der Regelelektronik für die Matrixschaltung ein multidirektional steuerbares Magnetfeld für eine voneinander unabhängige Bewegung von mehr als einem Läufer dadurch ermöglicht wird, dass die Polschuhe der einzelnen Kämmen der kammförmig ausgebildeten Blechlamellen Magnetachsen in einer ersten Rasteranordnung aufweisen, der eine zweite Rasteranordnung der Magnetachsen von Magneten einer Mehrzahl von Läufern im Verhältnis von etwa 4 zu 3 oder umgekehrt von etwa 3 zu 4 gegenübersteht. Eine erste vorteilhafte Anwendung für eine Wanderfeldmaschine mit einem flächenförmigen Stator betrifft ein Aufzugssystem bei dem eine Mehrzahl von Läufern als Aufzugskabinen ausgebildet ist. Mindestens eine der vier Wände des Aufzugsschachtes ist dabei als ein flächenförmiger Stator ausgebildet. In jedem Geschoss eines mehrgeschossigen Gebäudes ist ein horizontaler Fahrbahnabschnitt als ein Haltepunkt für eine Aufzugskabine vorgesehen ist, und eine Abzweigung von der vertikalen Fahrbahn in dem Aufzugsschacht bildet. Beim Einbiegen in die horizontale Fahrbahnen durchfährt eine Aufzugskabine jeweils eine Vierteldreisbahnkurve und wird dabei an Schienen derart geführt wird, dass sie ihre senkrechte Stellung beibehält. Die Schienen ergänzen die Führung der Aufzugskabinen durch das Magnetfeld der Wanderfeldmaschine und sind mit einer von der Stromversorgung des Aufzugssystems unabhängigen Absturzsicherung ausgebildet. Dieses Aufzugssystem kann mit vier vertikale Fahrbahnen innerhalb eines Aufzugsschachts ausgebildet werden, wobei eine der Anzahl der Geschosse eines Hochhauses entsprechende Mehrzahl von horizontalen Fahrbahnen innerhalb des

Aufzugsschachtes derart angeordnet sind, dass eine Mehrzahl von Aufzugskabinen in einen Kreisverkehr vier Haltepunkte in einer Eingangsebene und jeweils zwei Haltepunkte in jedem Geschoss bedienen, wobei zwei in Fahrtrichtung der Aufzugskabinen jeweils äußere vertikale Fahrbahnen für einen auf- und abwärts gerichteten Expressverkehr der Aufzugskabinen vorgesehen sind, während zwei innere vertikale Fahrbahnen in einem auf- und abwärts gerichteten Zubringerverkehr zwei Haltepunkte in jedem Geschoss bedienen und jeweils durch die horizontale Fahrbahnen untereinander verbunden sind. Dabei wechseln die Aufzugskabinen in einem Kreisverkehr regelmäßig von einer vertikalen inneren Fahrbahn auf eine vertikale äußere Fahrbahn und umgekehrt ohne dabei anzuhalten zu müssen.

Eine zweite vorteilhafte Anwendung für eine Wanderfeldmaschine betrifft ein Fahr- und Ladesystem bei dem die Fahrbahn einen flächenförmigen Stator aufweist und eine Mehrzahl von Läufern jeweils als Elektrofahrzeuge ausgebildet sind. Dabei sind die Elektrofahrzeuge mit einem Unterbodenpaneel ausgebildet, das eine Mehrzahl von Permanentmagneten mit der Fahrbahn zugewandten Magnetachsen in einer Rasteranordnung aufweist. Das Unterbodenpaneel ermöglicht zusammen mit einer Mehrzahl fahrbahnintegrierter und mit einer Matrixschaltung schaltbarer Elektromagnete des Stators im Ladebetrieb einen temporären Antrieb des Elektrofahrzeugs dadurch, dass der Elektromotor des Elektrofahrzeugs in den Generatorbetrieb wechselt und den Ladestrom für den Batteriespeicher des Fahrzeugs bereitstellt. Im Ladebetrieb ist der Luftspalt zwischen dem Unterbodenpaneel und der Fahrbahn mittels einer pneumatisch, hydraulisch, oder elektromechanisch betätigten Niveauregulierung des Unterbodenpaneels exakt einstellbar und beträgt minimal 1,5 mm und maximal 5 mm. Im Fahrbetrieb hat das Elektrofahrzeug eine reguläre Bodenfreiheit von 15 cm. Bei dem vorgeschlagenen Fahr- und Ladesystem sind mindestens zwei in Fahrtrichtung parallel zueinander angeordnete Fahrbahnen ausgebildet, sodass ein Spurwechsel einer Mehrzahl von Elektrofahrzeugen ermöglicht wird.

Eine dritte vorteilhafte Anwendung für eine Wanderfeldmaschine betrifft eine Startrampe für eine Rakete, bei der eine vertikale hohlzylinderförmige Röhre den Stator und ein hohlzylinderförmiger Schlitten den Läufer der Wanderfeldmaschine bildet. Dabei weist die senkrecht stehende zylindrische Röhre vakuumdichte Verschlüsse an beiden Enden der Röhre auf und wird für den Katapultstart der Rakete mit einem Vakuum beaufschlagt, sodass ein Satellit oder eine Raumfähre mit einer Energie von etwa 20.000 kWh innerhalb von einer Sekunde auf einer mindestens 2500 m langen

Fahrstrecke derart beschleunigt wird, dass eine Flughöhe von 200 km über die Erdoberfläche erreicht wird, um mit der Rakete in den Weltraum zu gelangen. Am unteren Ende des Schlittens ist ein Batteriespeicher und darüber ein Stoßdämpfer von mehreren Metern Länge angeordnet. Während der Schlitten am Ende der Fahrstrecke mit einem Bremsweg von 100 m Länge abgebremst wird und an den Anfang der Fahrstrecke zurückfährt, löst sich die Rakete von dem Schlitten und wird ab einer Höhe von 200 km mittels eines Triebwerks weiterbeschleunigt um eine orbitale Umlaufbahn zu erreichen. Der Schlitten steht für einen neuen Startvorgang wieder zur Verfügung und hat auf seiner Rückfahrt im Generatorbetrieb elektrische Energie zurückgewonnen.

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

Es zeigen:

Fig. 1 zeigt eine Radialflussmaschine, oben links das Schaltbild in schematischer Darstellung und oben rechts die Kanalstruktur des Kühlsystems, in Blattmitte das Induktionssystem, unten links eine ausschließlich wärmeleitende Kanalstruktur und unten rechts eine wärme- und elektrisch leitende Kanalstruktur, jeweils in der Ausschnittisometrie,

Fig. 2 zeigt die Radialflussmaschine nach Fig. 1, oben in einer Explosionsisometrie und unten eine Abwicklung von drei Schichten der Matrixschaltung,

Fig. 3 zeigt die Kanalstruktur der Radialflussmaschine nach Fig. 1 und Fig. 2 oben in einem Grundriss ausschnitt und unten in einer Ausschnitt Isometrie, gebildeten

Fig.4 zeigt eine Axialflussmaschine in einer aus Detailschnitten aufgebauten Explosionsschnittisometrie,

Fig. 5 zeigt die Axialflussmaschine nach Fig.4 oben links eine Folie als Verteiler für drei Phasen im Grundriss, oben rechts eine Folie mit Phasenbrücken für drei Phasen im Grundriss, und in der Mitte eine exemplarische Folie der konzentrierten Wicklung mit einer Reihenschaltung im Grundriss,

Fig. 6 zeigt eine Axialflussmaschine die als ein Radnabenmotor ausgebildet ist, oben links das Schaltschema und oben rechts die Verteilerfolie für drei Phasen, im Grundriss und unten den Radnabenmotor in einer Ausschnittexplosionsisometrie,

Fig. 7 zeigt die Axialflussmaschine nach Fig. 6, oben links die Verteilerfolie im Grundriss und rechts einen Ausschnitt der konzentrierten Wicklung für eine Parallelschaltung im Grundriss,

Fig. 8 zeigt einen Axialflussmotor mit einem von Wärmerohren gebildeten Kühlsystem, oben die konzentrierte Wicklung und die von den Wärmerohren gebildete Kanalstruktur im Grundriss, unten die Radialflussmaschine in einer Ausschnittisometrie, Fig. 9 zeigt eine TFRM, oben links ein Detail des Blechpakets in der Isometrie, oben rechts das Schaltschema und unten eine TFRM in der Ausschnittisometrie, Fig. 10 zeigt eine TFRM, oben einen Ausschnitt der Ringwicklung im Grundriss und unten die TFRM in einer Ausschnittisometrie, Fig. 11 zeigt eine Wanderfeldmaschine oben rechts in einer schematischen Schnittisometrie und links in einer Explosionsausschnittisometrie, Fig. 12 zeigt das Schaltschema der Wanderfeldmaschine nach Fig. 11 im Grundriss, Fig. 13 zeigt das Schaltschema einer Wanderfeldmaschine mit einem flächenförmigen Stator im schematischen Grundriss, Fig. 14 zeigt den Ausschnitt einer von Zeilen und Spalten gebildeten Matrix einer supraleitenden Wanderfeldmaschine in einer Explosionsisometrie, Fig. 15 zeigt ein Element der Matrix nach Fig. 14 in einer Explosionsisometrie, Fig. 16 zeigt ein Aufzugssystem als ein Anwendungsbeispiel der supraleitenden Wanderfeldmaschine nach Fig. 14 und 15 in einer Ausschnittisometrie, Fig. 17 zeigt das Aufzugssystem nach Fig. 16, oben in einem schematischen Querschnitt durch den Aufzugsschacht und unten in einem schematischen Grundriss, Fig. 18 zeigt eine supraleitende Wanderfeldmaschine in der Anwendung als Raketenstartvorrichtung, links in einem schematischen Linksschnitt in der Mitte ein Detail des Induktionssystems in der Explosionsisometrie und rechts eine schematische Darstellung der Schichten der Raketenstartvorrichtung, Fig. 19 zeigt die Raketenstartvorrichtung, rechts in einem schematischen Querschnitt und links die Flugbahn der Rakete außerhalb der Startvorrichtung als ballistische Kurve, Fig. 20 zeigt ein Faltflugzeug das mit der Raketenstartvorrichtung nach Fig. 18 und 19 in den Orbit gebracht wird, oben in einer gefalteten Stellung in zwei Perspektiven und unten in einer entfalteten Stellung in einer schematischen Perspektive, Fig. 21 zeigt die Wanderfeldmaschine nach Fig. 13 bis 15 in der Anwendung eines Fahr- und Ladesystems für Elektrofahrzeuge oben das Fahrzeug und die Fahrbahn in einem schematischen Querschnitt und unten die Wanderfeldmaschine in einem schematischen Grundriss,

Fig. 22 zeigt das Fahr- und Ladesystem nach Fig. 21 mit Darstellung einer Niveauregulierung für das Unterbodenpaneel des Elektrofahrzeugs in einer schematischen Explosionsisometrie,

Ausführliche Figurenbeschreibung

Fig. 1 zeigt eine Radialflussmaschine 11, oben links das Schaltbild, oben rechts die Kanalstruktur 2,2' des Kühlsystems, in Blattmitte das Induktionssystem, und unten links eine ausschließlich wärmeleitende Kanalstruktur 2 und unten rechts eine elektrisch leitende Kanalstruktur 2' als einen von einem Hohlkammerprofil 20' aus Metall gebildeten Wärmeübertrager 21'. Das Induktionssystem der Radialflussmaschine 11 weist, wie oben rechts und in der Mitte gezeigt in den Schichten L1 der ersten Gruppe und in den Schichten L2 der zweiten Gruppe eine von einer Zeile m gebildete Matrix des Induktionssystems auf, deren Höhe h, einer Höhe h der verteilten Wicklung 8 in den Schichten L1 und einer Höhe h der Kanalstrukturen 2,2' in den Schichten L2 entspricht. Die pneumatische oder hydraulische Kanalstruktur 2,2' der Radialflussmaschine 11 weist sechs der Wärmequelle zugewandte Schlaufenkanäle 24 auf, die außerhalb des Induktionssystems an zwei konzentrisch zueinander angeordnete Ringkanäle 26' für den Vorlauf 23 und den Rücklauf 23' eines gasförmigen oder flüssigen Wärmeträgerfluides f,f' in einem Kühlmittelkreislauf c,c* angeschlossen sind. Kontaktflächen 22,22' des Hohlkammerprofils 20,20' grenzen, wie mit einer Ausschnittisometrie in Blattmitte gezeigt, an die von Folien 15 und Leiterbahnen 16 der verteilten Wicklung 8 an. Ein Stecksystem dient dabei der Verbindung der einzelnen Baugruppen des Stators S zu einem eigenstabilen Hohlschichtkörper 10, der als ein gegenüber Gasen und Flüssigkeiten hermetisch versiegelter Verbundkörper ausbildbar ist. Die genannten Baugruppen des Induktionssystems der Radialflussmaschine 11 sind für eine Massenproduktion geeignet und bilden ein montagefreundliches Bausystem. Das Gehäuse α der elektrischen Maschine 1 hat einen Anschluss für Gleichstrom dc, der mittels von sechs Transistoren t1-t6 der Regelelektronik re des Stators S in Wechselstrom ac mit den Phasen p1-p3 gewandelt wird und ein Magnetfeld erzeugt, das den Läufer R1 antreibt. Wie in der Ausschnittisometrie unten links gezeigt, stellt das Hohlkammerprofil 20 der Kanalstruktur 2 mittels der Kontaktflächen 22 mit den Oberflächen su der von den Leiterbahnen 16 gebildeten verteilten Wicklung 8 eine wärmeleitende Verbindung zwischen den Schichten L1,L2 her und bildet mit dem Schlaufenkanal 24 eine Schicht L2 des Hohlschichtkörpers 10. Der Schlaufenkanal 24

ist in einem von einer Vielzahl von ringförmigen Blechlamellen 7 gebildeten Eisenpaket verankert. An dem Luftspalt β stehen Polschuhe 19 des Stators S den Metallstäben eines Käfig-Läufers R1 gegenüber. Die Ausschnittisometrie unten links zeigt eine Kanalstruktur 2, die von einem Hohlkammerprofil 20 aus Silikonkunststoff gebildet wird, das von einem gasförmigen oder flüssigen Wärmeträgerfluid f, f' durchströmt wird. Die pneumatische oder hydraulische Kanalstruktur 2 bildet mit dem Hohlkammerprofil 20 eine Schicht L2 innerhalb des Hohlschichtkörpers 10. Mit der den Folien 15 zugewandten Oberfläche su steht die Kontaktfläche 22 der Kanalstruktur 2 unmittelbar in einem wärmeleitenden Kontakt zu der jeweils angrenzenden Schicht L1, der ersten Gruppe von Schichten des Hohlschichtkörpers 10. Ein Füllstoff 29 zwischen den Kontaktflächen 20 des Hohlkammerprofils 20 aus Kunststoff und der Oberfläche su einer Leiterbahn 16 ermöglicht die Ausbildung einer hohlraumfreien wärmeleitenden Verbindung zwischen den Schichten L1 und der Schicht L2. Die Ausschnittisometrie unten rechts zeigt eine Kanalstruktur 2', die von einem elektrisch leitenden Hohlkammerprofil 20' aus Metall gebildet wird und von einem flüssigen Wärmeträgerfluid f durchströmt wird und eine Schicht L2 innerhalb des Hohlschichtkörpers 10 bildet. Mit den Oberflächen su stehen die Leiterbahnen 16 der verteilten Wicklung 8 der Radialflussmaschine 11 in einem wärmeleitenden Kontakt zu den Kontaktflächen 22' des von Flüssiggas durchströmten Hohlkammerprofils 20'. Ein Füllstoff 29' zwischen den Oberflächen su der Leiterbahnen 16 und den Kontaktflächen 22 des Hohlkammerprofils 20' aus Metall ermöglicht die Ausbildung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen den Schichten L1 der verteilten Wicklung 8 und der von der Kanalstruktur 2' gebildeten Schicht L2 des supraleitenden Hohlschichtkörpers 10*.

HST-Systeme nutzen eine erhöhte Sprungtemperatur für die Realisierung der Supraleitung bei, bezogen auf den absoluten Nullpunkt deutlich erhöhten Temperaturen. Im Rahmen der Erfindung wird in diesem Zusammenhang vorgeschlagen die Folien 15 beidseitig mit einer eindimensionalen Lage von Graphen zu beschichten, bevor sie mit den einer Rotationsdruckmaschine aus einer Aluminiumfolie ausgestanzten Leiterbahnen 16 beschichtet werden, sodass mit der Kombination aus Aluminium und Graphen eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung des von einem Stapel ringförmiger Blechlamellen 7 gebildeten Blechpakets genutzt werden können. Zwischen den Schichten L1 und den Blechlamellen 7 ist im Fall einer supraleitenden Kanalstruktur 2' eine Isolierung vorgesehen, die von einem Vakuumdämmsystem vi gebildet wird. Die Schichten L1, L2 können sowohl in einer Parallelschaltung ci als auch

in einer Reihenschaltung c_i' untereinander verbunden werden, wobei der elektrische Widerstand durch die Einbindung der Kanalstrukturen $2'$ in das Induktionssystem uneinheitlich ist.

Fig. 2 oben zeigt den Stator S einer Radialflussmaschine 11, deren Aufbau im wesentlichen dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel entspricht. Folien 15 die mit Leiterbahnen 16 der verteilten Wicklung 8 bedruckt sind bilden Schichten L1 die in einer Ebene abgewickelt werden können. Die Folien 15 bestehen bevorzugt aus einem hitzebeständigen Kunststoff, können aber auch aus Papier oder einem Folienverbund mit definierbaren Eigenschaften hergestellt werden und bilden ein Beschichtungssubstrat für eine mindestens einseitige Beschichtung mit Leiterbahnen 16, die mit einem Drehwerkzeug aus einer elektrisch leitfähigen Metallfolie aus Aluminium Kupfer oder Silber ausgestanzt, und mit den Folien 15 verklebt werden. Die Leiterbahnen 16 haben eine den Kontaktflächen 22 des Hohlkammerprofils 20 zugewandte Oberfläche su , sowie eine den Folien 15 zugewandte Oberfläche su . Für die Bedruckung der Folien 15 mit Leiterbahnen 16 ist ein ein Rotationsdruckverfahren vorgesehen. Das von den ringförmigen Blechlamellen 7 gebildete Joch des Stators 2 dient der Einspannung der Schichten L1,L2 des Hohlschichtkörpers 10 in das Joch, wobei zwischen den mit den Leiterbahnen 16, der verteilten Wicklung 8 bedruckten Schichten L1 und den ringförmigen Blechlamellen 7 eine von den Folien 15 gebildete Isolierung vorgesehen ist. In einer vorteilhaften ersten Ausführungsvariante bestehen die Kanalstrukturen 2 aus einem Silikonkunststoff und bilden einen Wärmeübertrager 21, der Kontaktflächen 22 zu den Blechlamellen 7 des Jochs und zu den Oberflächen su der Leiterbahnen 16 der verteilten Wicklung 8 hat, wobei ein Füllstoffs 29 für die Herstellung einer hohlraumfreien wärmeleitenden Verbindung vorgesehen ist. In einer zweiten vorteilhaften Ausführungsvariante weisen die Kanalstrukturen $2'$ einen elektrisch leitfähigen Wärmeübertrager 21' auf, dessen Kontaktflächen 22' ausschließlich mit den Oberflächen su der Leiterbahnen 16 der verteilten Wicklung 8 verbunden sind, sodass eine elektrisch leitenden Verbindung mit einem z.B. von einem Lot gebildeten Füllstoff 29' herstellbar ist. Innerhalb des Induktionssystems wechselt in diesem Fall der elektrische Widerstand zwischen den Schichten L1 der erste und den Schichten L2 der zweiten Gruppe, wobei die Schichten L1,L2 in einer Parallelschaltung c_i oder in einer Reihenschaltung c_i' elektrisch untereinander verbindbar sind. Zwei außerhalb des Induktionssystems konzentrisch zueinander angeordnete Ringkanäle 26'

ermöglichen als Vor- und Rücklauf 23,23' für insgesamt sechs innerhalb des Induktionssystems angeordnete Schlaufenkanäle 24 die Kühlung des Induktionssystems mit einem gasförmigen oder flüssigen Wärmeträgerfluid f, f' , während des Dauerbetriebs der Radialflussmaschine 11. Fig. 2 unten zeigt die Abwicklung von drei Zeilen m der Schichten L1 des Induktionssystems der Radialflussmaschine 11 die jeweils eine Höhe h aufweisen. Wie oben gezeigt sind die Folien 15 jeweils mit drei zueinander parallelen Leiterbahnen 16 der verteilten Wicklung 8 bedruckt und weisen in einer ersten Schicht L1 drei eingangsseitige Enden e für drei Phasen $p1-p3$ von Wechselstrom ac auf. An drei ausgangsseitigen Enden e' sind die drei Phasen $p1-p3$ von Wechselstrom ac mittels einer Phasenbrücke pb der Matrixschaltung q untereinander verbunden.

Fig. 3 zeigt die pneumatische oder hydraulische Kanalstruktur 2,2' der Radialflussmaschine 11 nach Fig. 1 und 2, oben in einer partiellen Draufsicht und in einer Ausschnittisometrie unten. Wie in Fig 1 und 2 gezeigt bilden sechs durch konzentrisch zueinander angeordnete Ringkanäle 26' für den Vorlauf 23 und den Rücklauf 23' eines Kühlmittelkreislaufs c für ein gasförmiges oder flüssiges Wärmeträgerfluid f, f' in einem von sechs Schlaufen gebildeten Schlaufenkanal 24 als einer Schicht L2 des Hohlschichtkörpers 10. Dieser von einem Hohlkammerprofil 20,20' gebildete Wärmeübertrager 21,21' ist zwischen zwei Paketen von Folien 15, die jeweils mit Leiterbahnen 16 einer verteilten Wicklung 8 bedruckt sind angeordnet. Der Wärmeübertrager 21 steht mit Kontaktflächen 22 zu einer Oberfläche su einer Leiterbahn 16 der verteilten Wicklung 8 in einem wärmeleitenden Kontakt, während der Wärmeübertrager 21' mit Kontaktflächen 22' zu einer Oberfläche su einer Leiterbahn 16 der verteilten Wicklung 8 in einem wärmeleitenden und elektrischen Kontakt zu den Schichten L1 steht, sodass ein Kühlsystem für die Radialflussmaschine 11 gebildet wird. In der Kanalstruktur 2 zirkuliert ein gasförmiges Wärmeträgerfluid f während in der Kanalstruktur 2' ein flüssiges f' Wärmeträgerfluid f' in einem Kühlmittelkreislauf c zirkuliert. Im Fall einer Kanalstruktur 2' bildet ein aus Flüssiggas, zum Beispiel aus flüssigem Stickstoff bestehendes Wärmeträgerfluid f' einen Kühlmittelkreislauf c^* für den supraleitenden Hohlschichtkörper 10*.

Fig. 4 zeigt eine Axialflussmaschine 12 deren Schaltbild dem in Fig. 1 oben links gezeigten Beispiel entspricht. Die zwölf polige Axialflussmaschine 12 hat ein Gehäuse α

, das mit dem Stator S starr, und mit der Motorwelle mittels von zwei nicht näher bezeichneten Kugellagern verbunden ist. Der Kühlmittelkreislauf c, c^* der Axialflussmaschine 12 weist einen Sternkanal 25 mit zwölf von einem Hohlkammerprofil 20, 20' gebildeten Buchten auf, die eine Schicht L2 des Hohl-schichtkörpers 10 bilden und mittels von zwei parallel zueinander angeordneten Ringkanälen 26' an den Vorlauf 23 und den Rücklauf 23' des Kühlmittelkreislaufs c für ein gasförmiges oder flüssiges Wärmeträgerfluid f, f' angeschlossen sind. Das Hohlkammerprofil 20, 20' grenzt mit Kontaktflächen 22' an die Folien 15 und mit Kontaktflächen 22 zu die Leiterbahnen 16 einer konzentrierten Wicklung 8' auf den Folien 15 der Schichten L1 mit einer Höhe h an. Der Läufer R1 weist zwei Rotorscheiben auf, die mit Permanentmagneten pm in einer bezüglich der Motorachse x radialen Anordnung bestückt sind. Über zwei Luftspalte β sind die Rotorscheiben jeweils von dem Stator S getrennt. An dem Stator S ist die Kanalstruktur 2, 2' als eine Schicht L2 des Hohl-schichtkörpers 10 ausgebildet, an die jeweils beidseitig zwei Schichten L1 mit einem wärmeleitenden und/oder elektrischen Kontakt anschließen. Der von den zwölf Buchten gebildete Sternkanal 25 dient der Lagefixierung eines von zwölf Paketen keilförmiger Blechlamellen 7' gebildeten Jochs des Stators S der Axialflussmaschine 12. Für den Kühlmittelkreislauf c sind zwei außerhalb des Induktionssystems parallel zueinander angeordneten Ringkanäle 26' vorgesehen, die im Vorlauf 23 ein flüssiges oder gasförmiges Wärmeträgerfluid f, f' zu der von den einzelnen Sternkanälen 25 gebildeten Wärmequelle leiten und im Rücklauf 23' zu einer von einem Kühlaggregat gebildeten Wärmesenke leiten. Die Schichten L1 weisen Folien 15 auf, die kreuzungsfrei mit Leiterbahnen 16 eines Verteilers p^* für die Phasen p_1 - p_3 bedruckt sind und mittels einer Matrixschaltung q die Schichten L1, L2 mit einer Parallelschaltung ci untereinander verbinden. Der für Flüssiggas vorgesehene Kühlmittelkreislauf c^* ermöglicht die Ausbildung eines supraleitenden Hohl-schichtkörpers 10* der Axialflussmaschine 12.

Fig. 5 zeigt eine Axialflussmaschine 12 bei der die Schichten L1, L2 der ersten und zweiten Gruppe in einer Reihenschaltung ci' untereinander verbunden sind. Oben links ist eine von einer Folie 15 gebildete erste Schicht L1 mit Leiterbahnen 16 eines Verteilers p^* und einer Phasenbrücke pb für die drei Phasen p_1 - p_3 von Wechselstrom ac dargestellt, und oben rechts ist eine von einer Folie 15 gebildete letzte Schicht L1 der beiden Gruppen L1, L2 dargestellt, die Leiterbahnen 16 des Verteilers p^* für drei Phasen p_1 - p_3 aufweist. In Blattmitte ist der Hohl-schichtkörper 10 der

Axialflussmaschine 12 in einer Schnittaufischt mit einem Ausschnitt der konzentrierten Wicklung 8' links und mit einem Horizontalschnitt durch die von einem Sternkanal 25 gebildete Kanalstruktur 2 dargestellt, deren Kühlmittelkreislauf c, wie in Fig. 4 gezeigt einen von zwei Ringkanälen 26' gebildeten Vor- und Rücklauf 23,23' für ein gasförmiges oder flüssiges Wärmeträgerfluid f,f' aufweist. Die konzentrierten Wicklung 8' und die von einem Sternkanal 25 gebildete Kanalstruktur 2', sind in einer Schnittaufischt dargestellt. Zwölf keilförmig ausgebildete Pakete von Blechlamellen 7' werden von einer zweiadrigen konzentrierten Wicklung 8' umrundet. Mit einem flüssigen Wärmeträgerfluid f' in einem Kühlmittelkreislauf c* für Flüssiggas ist die Herstellung eines supraleitenden Hohlschichtkörpers 10* der Axialflussmaschine 12 möglich.

Fig. 6 zeigt eine Axialflussmaschine 12, die als ein Radnabenmotor ausgebildet ist. Das Schaltbild oben links zeigt schematisch das Gehäuse α mit einem Anschluss für Gleichstrom dc der mittels einer von sechs Transistoren t1-t6 gebildeten Regelelektronik re für drei Phasen p1-p3 von Wechselstrom ac, der an drei Enden e für die Bestromung der Axialflussmaschine 12 zur Verfügung steht. Die oben rechts gezeigte Folie 15 bildet den Verteiler p* für die von der Regelelektronik re konditionierten drei Phasen p1-p3 des Wechselstroms ac und weist Querverbinder cr für die in einer Parallelschaltung ci angeschlossenen Schichten L1 der konzentrierten Wicklung 8' auf. Die in Teilschnitten dargestellte Explosionsisometrie in Blattmitte zeigt rechts einen Ausschnitt der Folie 15 mit den Leiterbahnen 16 für die konzentrierte Wicklung 8'. Die zwölf polige Axialflussmaschine 12 hat ein von dem zweiteilig aufgebauten Rotor R1 gebildetes Gehäuse α bei dem der Vor- und Rücklauf 23,23' für den Kühlmittelkreislauf c eines gasförmigen oder flüssigen Wärmeträgerfluides f,f' durch eine nicht näher bezeichnete Nabe geführt wird, die mit zwei Kugellagern mit dem Stator S verbunden ist. Das Wärmeträgerfluid f,f' wird mittels von zwei innenliegenden, parallel zueinander angeordnete Ringkanälen 26' auf zwölf von dem Hohlkammerprofil 20,20' gebildete Buchten des Sternkanals 25 verteilt. Über Kontaktflächen 22,22' des Hohlkammerprofils 20,20' steht der Wärmeübertrager 21,21' wie in Fig. 1 gezeigt in einem wärmeleitenden und/oder elektrisch leitenden Kontakt zu den auf Folien 15 gedruckten Leiterbahnen 16 der von der konzentrierten Wicklung 8' gebildeten Schichten L1 mit einer Höhe h. Der Rotor R1 weist zwei Rotorscheiben auf, die mit Permanentmagneten pm in einer bezüglich der Motorachse x radialen Anordnung

bestückt sind. Über zwei Luftspalte β sind die Rotorscheiben jeweils von dem Stator S getrennt.

Fig. 7 zeigt zwei Schichten L1 der Axialflussmaschine 12 nach Fig. 6, links oben den von einer Folie 15 gebildeten Verteiler p^* für drei Phasen p_1 - p_3 von Wechselstrom ac mit Querverbindern cr zu den Schichten L1, wovon rechts eine Hälfte einer Folie 15 mit insgesamt sieben Leiterbahnen 16 der konzentrierten Wicklung 8' in der Aufsicht dargestellt ist. Die im Rahmen der Erfindung vorgeschlagene Drucktechnik bei der die Leiterbahnen 16 mit einem Drehwerkzeug aus einer Aluminiumfolie herausgeschnitten werden eignet sich in besonderer Weise für die Ausbildung einer konzentrierten Wicklung 8', die für die Erregung von zwölf Blechpaketen, aus keilförmigen Blechlamellen 7' vorgesehen ist. Ein Vorteil dieses Druckverfahrens für eine Wicklung kann in der Tatsache gesehen werden, dass die einzelnen Schichten L1 des Induktionssystems der Axialflussmaschine 12 untereinander in einer Parallelschaltung ci verbunden werden können. Ein weiterer Vorteil der vorgeschlagenen Drucktechnik ist die Massentauglichkeit des Verfahrens. Das günstige Verhältnis des erzielbaren Drehmoments zu dem Gewicht prädestiniert die vorgeschlagene Drucktechnik für Axialflussmaschinen 12 als eine Leichtbautechnik für Flugzeugmotoren und für Radnabenmotoren für Elektrofahrzeuge.

Fig. 8 zeigt eine Axialflussmaschine 12, oben in einer Schnittansicht der Schichten L1 und L2 des Hohlschichtkörpers 10 und unten in einer Ausschnittisometrie. Insgesamt zwölf Wärmerohre 28, die jeweils mit Kühlrippen 28' verbunden sind bilden bei diesem Ausführungsbeispiel einen Sternkanal 25 mit einer pneumatischen und hydraulischen Kanalstruktur 2/2'. Die Wärmerohre 28 sind mit einem Unterdruck beaufschlagt und nutzen eine kapillare Struktur in ihrem Inneren für den Vorlauf 23 eines flüssigen Wärmeträgerfluides f' , das in der kapillaren Struktur zu einer den Schichten L1 zugewandten Wärmequelle des Wärmerohres 28 aufsteigt und verdampft, wobei im Rücklauf 23' des Kühlmittelkreislaufs c das Wärmeträgerfluid f als Dampf an einer von Kühlrippen 28' des Wärmerohrs 28 gebildeten Wärmesenke kondensiert. Der Kühlmittelkreislauf c wird durch einem konzentrisch zu der Motorachse x angeordneten Ventilator ve unterstützt, sodass in einem latenten Wärmeübergang Wärme aus dem Induktionssystem auf die umgebende Luft übertragen werden kann. Diese Art der gewichtssparenden Wärmeübertragung eignet sich in besonderer Weise auch für den

Radnabenmotor eines Fahrrads. An den Axialflussmaschinen 12, nach Fig.4 bis Fig. 8 bilden jeweils eine durch drei teilbare Mehrzahl von Blechpaketen mit keilförmigen Blechlamellen 7' ein Joch für die Einspannung einer konzentrierten Wicklung 8'.

Fig. 9 zeigt eine Transversalflussmaschine, die als eine TFRM 13 ausgebildet ist in der Ausführung eines Radnabenmotors. Beispielhaft für insgesamt achtzehn Erregereinheiten der TFRM 13 ist oben rechts ein erstes Paket bügelförmiger Blechlamellen 7* dargestellt, das ein Joch des Stators S für die Einspannung der unten dargestellten drei Ringwicklungen 8* in einer radialen Anordnung zur Motorachse x bildet. Ein zweites aus rechteckigen Blechlamellen bestehendes Paket ist Bestandteil des Läufers R1 der TFRM 13 und ist durch einen Luftspalt β von dem Stator S getrennt. An dem Stapel mit den rechteckigen Blechlamellen verzögert sich der magnetische Fluss, woraus eine quer zur Rotationsachse x wirkende Reluktanzkraft resultiert, die ein Drehmoment an der Rotationsachse x der TFRM 13 bewirkt. Das Schaltbild oben links zeigt die Regelelektronik re mit sechs Transistoren t1-t6, die den Gleichstrom dc am Eingang des Gehäuses α in drei parallel zur Motorachse x verlaufenden Phasen p1-p3 von Wechselstrom ac konditioniert. Sowohl der Vor- und Rücklauf 23,23' für den Kühlmittelkreislauf c eines flüssigen Wärmeträgerfluides f', als auch die Stromversorgung des von dem Hohlschichtkörper 10 des Stators S gebildeten Induktionssystems erfolgt über eine starre, konzentrisch zu der Motorachse x, angeordnete Achse, die über nicht näher bezeichnete Kugellager mit der Nabe des Radnabenmotors verbunden ist, die den Läufer R1 und das Gehäuse α des Radnabenmotors bildet. An der als Außenläufer ausgebildeten elektrischen Maschine 1 ist das Gehäuse α mit der Felge eines Rads verbunden. Der Hohlschichtkörper 10 weist in den Schichten L1 drei Ringwicklungen 8* für die drei Phasen p1-p3 des Wechselstroms ac und in den Schichten L2 drei Ringkanäle 26 auf, die mit einer Höhe h gleich hoch sind wie die Schichten L1. Die Folien 15 sind mit parallelen Leiterbahnen 16 bedruckt, die in einem wärmeleitenden und elektrisch leitenden Kontakt zu der von drei Ringkanälen 26 gebildeten Kanalstruktur 2' stehen. Die drei Ringkanäle 26 bilden mit einem rechteckigen Hohlkammerprofil 20' einen elektrisch leitenden Wärmeübertrager 21' der von einem flüssigen Wärmeträgerfluid f' durchströmt wird und eine quer zu der Motorachse x verlaufende hydraulische Kanalstruktur 2' des Hohlschichtkörpers 10 aufweist.

Fig. 10 zeigt eine Transversalfussmaschine, die permanent magnetisch erregt ist und deshalb als TFRM 13' bezeichnet wird. Wie oben in der schematischen Abwicklung einer Schicht L1 gezeigt weist die als ein Innenläufer ausgebildete TFRM 13' eine Folie 15 auf, die mit Leiterbahnen 16 für drei Phasen p1-p3 von Wechselstrom ac bedruckt ist, wobei drei Ringwicklungen 8* jeweils transversal zu der vertikal dargestellten Motorachse x

verlaufen. Wie in Fig. 9 oben dargestellt umgreifen auch hier achtzehn Pakete bügelförmiger Blechlamellen 7*, die die Schichten L1, L2 und bilden ein Joch des Stators S für die drei Ringwicklungen 8*, jeweils in einer radialen Anordnung zur Motorachse x. Auf Seiten des Läufers R1 schließen sich für jede der drei Phasen p1-p3 an achtzehn, durch den Luftspalt β von den achtzehn Erregereinheiten des Stators S getrennten Permanentmagnete pm die magnetischen Kreise des transversalen Magnetfelds und erzeugen dabei ein Drehmoment an der Motorachse x. An den

Transversalfussmaschinen, in der Ausbildung einer TFRM 13 wie in Fig. 9 gezeigt und einer TFRM 13' wie in Fig. 10 gezeigt, verlaufen jeweils mindestens drei Ringkanäle 26 quer zu der Motorachse x und bilden mit drei Zeilen m der Höhe h, eine in den Schichten L1 und in den Schichten L2 ausgebildete Matrix des Induktionssystems, wobei die Höhe h der Ringwicklung 8* einer Höhe h des Ringkanals 26 entspricht. Die Kanalstrukturen 2 der Transversalfussmaschinen weisen entweder ein rechteckiges Hohlkammerprofil 20 aus Kunststoff auf, das in einem Strangpress- in einem Spritzguss- oder einem Tiefzieh-Verfahren aus zwei Hälften herstellbar ist. Beidseitig mit einer eindimensionalen Lage von Graphen beschichtete Folien 15 die anschließend mit Leiterbahnen 16 aus Aluminium beschichtet werden ermöglichen mit der Kombination von Aluminium und Graphen die Ausbildung eines supraleitenden Hohlkörpers 10*, bei dem eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu Blechpaketen gebündelten bügelförmigen Blechlamellen 7* genutzt wird. Dabei sind die elektrisch leitfähigen Kanalstrukturen 2' in einem 3D-Druckverfahren herstellbar und ermöglichen, wenn sie von einem Wärmeträgerfluid f' z.B. aus flüssigem Stickstoff durchströmt werden und ein Vakuumdämmsystem vi für den Kühlmittelkreislauf c* aufweisen, sowohl in den Schichten L2 als auch in den unmittelbar an den Wärmeübertrager 21' angrenzenden Leiterbahnen 16 der Schichten L1 das Phänomen der Supraleitung in den elektrischen Leitern des Hohlkörpers 10*.

Fig. 11 zeigt eine Wanderfeldmaschine 14 mit einem hohlzylinderförmigen Stator S, bei der in den Schichten L1 und in den Schichten L2 jeweils sechs quer zu der Motorachse x verlaufende Zeilen m und sechs parallel zu der Motorachse x verlaufende Spalten n einer Matrix des Induktionssystems ausgebildet sind. Die spiralförmigen Wicklungen 8'' in den Schichten L1 haben eine Höhe h die einer Höhe h der Kanalstrukturen 2,2' in den Schichten L2 des Hohlschichtkörpers 10 entspricht. Wie oben rechts gezeigt können mit der Matrixschaltung q innerhalb des hohlzylinderförmigen Stators S zwei Läufer R1,R2 jeweils eine voneinander unabhängige Linear- und Rotationsbewegung ausführen. Die mit drei Phasen p1-p3 von Wechselstrom ac erregbaren zu Paketen gestapelten kammförmigen Blechlamellen 7'' bilden ein Joch des Stators S für die Einspannung der Schichten L1 die mit einer Mehrzahl von spiralförmigen Wicklungen 8'' bedruckt sind. Die einzelnen Kämme der zu sechs Blechpaketen zusammengefassten kammförmigen Blechlamellen 7'' werden in einer Mehrzahl von Schichten L1, die mit Leiterbahnen 16 der spiralförmigen Wicklungen 8'' bedruckt sind umrundet und derart erregt, dass Magnetachse z einer ersten Rasteranordnung g, einer zweiten von Magneten mit Magnetachsen z' gebildete Rasteranordnung g', die von den Magnetachsen g' der zwei Läufer R1,R2 gebildet werden im Verhältnis von etwa 4 zu 3 oder umgekehrt von etwa 3 zu 4 gegenüberstehen. Anwendungen dafür reichen von der Robotik der Pneumatik bis hin zur Elektromobilität.

Fig. 12 zeigt das Schaltschema der Wanderfeldmaschine 14 nach Fig. 11 mit einem hohlzylinderförmigen Stator S. Dargestellt ist eine exemplarische Schicht L1 eines flächenförmigen Hohlschichtkörpers 10. Die Regelelektronik re der Wanderfeldmaschine 14 ist, wie in Fig. 11 oben rechts gezeigt für zwei zylinderförmige Läufer R1,R2 ausgelegt. Das Gehäuse α hat einen Eingang für Gleichstrom dc der mittels von sechs mal sechs Transistoren t1-t6 in Wechselstrom mit drei Phasen p1-p3 gewandelt wird. Mittels der Matrixschaltung q wird eine von Zeilen m und Spalten n gebildete Matrix gesteuert, sodass die in einem regelmäßigen Raster g angeordnete, kammförmige Blechlamellen 7'' jeweils einzeln erregbar sind. Mittels der Matrixschaltung können die beiden Läufer R1,R2 jeweils gleichzeitig eine Translations- und Rotationsbewegung ausführen. Die einzelnen Kämme der kammförmigen Blechlamellen 7'' werden jeweils durch eine spiralförmige Wicklung 8'' erregt und haben jeweils wie in Fig. 13 dargestellt, senkrecht zu der Folie 15 angeordnete Magnetachsen z, die das Raster g der Matrix bilden.

Fig. 13 zeigt das Schaltschema einer Wanderfeldmaschine 14 mit einer von Zeilen m und Spalten n gebildeten Matrix. Der dargestellte Ausschnitt einer Schicht $L1$ eines flächenförmigen Stators S zeigt eine Vielzahl spiralförmiger Wicklungen 8" für die in Fig. 14 und 15 im Detail dargestellten kammförmigen Blechlamellen 7" und ist als Schaltschema repräsentativ für die in Fig. 16 bis 22 dargestellten Systemkonstruktionen für Wanderfeldmaschinen 14. Mittels von 24 Transistoren $t1-t24$ der Matrixschaltung q kann jedes einzelne, durch die Magnetachse z gekennzeichnete Element der Matrix individuell angesteuert werden. Die in Fig. 14 und Fig. 15 näher dargestellten einzelnen Kämmen der kammförmigen Blechlamellen 7" werden in jeder Schicht 1 durch spiralförmige Wicklungen 8" erregt und haben eine Magnetachse z , die jeweils einen Polschuh 19 definiert, der in einem Raster g angeordnet ist.

Fig. 14 zeigt eine Wanderfeldmaschine 14 mit einem flächenförmigen Stator S der aus Schichten $L1$ der ersten Gruppe und aus Schichten $L2$ der zweiten Gruppe aufgebaut ist. Die Schichten $L1, L2$ werden jeweils von einzelnen Kämmen der kammförmigen Blechlamellen 7" durchdrungen und in jeder Schicht $L1$ von einer spiralförmigen Wicklung 8" derart erregt, dass jedes einzelne Element der Matrix eine senkrecht zu den Schichten $L1, L2$ verlaufende Magnetachse z aufweist, die einen Polschuh 19 der elektrischen Maschine 1 bildet. Zwischen den einzelnen Kämmen der kammförmigen Blechlamellen 7" und der umgebenden spiralförmigen Wicklungen 8" ist jeweils ein Vakuumdämmssystem vi vorgesehen. In dem Kanalsystem c^* wird im Vorlauf 23 und im Rücklauf 23' ein aus Flüssiggas bestehendes Wärmeträgerfluid f geführt, sodass mit dem beschriebenen Vakuumdämmssystem vi die Ausbildung eines supraleitenden Hohlkörpers 10* ermöglicht wird. Dabei ist vorgesehen, dass die Folien 15 jeweils an ihren Leiterbahnen 16 zugekehrten Seiten mit Graphen beschichtet sind, sodass die Sprungtemperatur für die Supraleitung von nahe dem absoluten Nullpunkt deutlich erhöht werden kann, um ein HTS-System realisieren zu können. Für die in Fig. 16 bis 22 dargestellten Ausführungsbeispiele ist jeweils eine supraleitende Wanderfeldmaschine 14 vorgesehen.

Fig. 15 zeigt stellvertretend für die in Fig. 16 bis Fig. 22 dargestellten Systemkonstruktionen für supraleitende Wanderfeldmaschinen 14 ein Element der von Zeilen m und von Spalten n in den Schichten $L1$ und in den Schichten $L2$ gebildeten

Matrix des Induktionssystems als ein Detail des in Fig. 14 dargestellten Ausschnitts eines flächenförmigen Stators S.

In den Schichten L1 und L2, der ersten und der zweiten des Hochschichtkörpers 10* weisen die spiralförmigen Wicklungen 8" in einer Zeile m und in einer Spalte n der Matrix jeweils eine einheitliche Höhe h auf. Bei den nachfolgend gezeigten Systemkonstruktionen für Wanderfeldmaschinen 14 werden die Folien 15 beidseitig mit einer eindimensionalen Lage von Graphen beschichtet, bevor sie mit den auf einer Bogendruckmaschine ausgestanzten Leiterbahnen 16 beschichtet werden, sodass mit der Kombination aus Aluminium und Graphen eine erhöhte Sprungtemperatur für die Erregung der zu kammförmigen Blechpaketen gebündelten Blechlamellen 7" für einen supraleitenden Hohlchichtkörper 10* realisiert werden kann. Die spiralförmigen Kanalstrukturen 27 der supraleitenden Wanderfeldmaschinen 14 werden, wie in Fig. 14 erläutert von Flüssiggas als einem Wärmeträgerfluid f durchströmt und sind konzentrisch und koaxial zu den Magnetachsen z der einzelnen Kämmen der kammförmigen Blechlamellen 7" angeordnet.

Fig. 16 zeigt eine Wanderfeldmaschine 14 in der Ausbildung als ein Aufzugssystem. Mit Bezug zu dem in Fig. 13 vorgestellten Schaltschema ist oben links ein Element der durch die Matrixschaltung q, über Zeilen m und Spalten n an steuerbaren Matrix dargestellt, dass dem in den Fig. 14 und 15 dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht. Bei dem Aufzugssystem sind eine Mehrzahl von Läufern R1-Rn jeweils als Aufzugskabinen ca ausgebildet, wobei ein flächenförmiger Stator S von mindestens einer Wand des Aufzugsschachtes es gebildet wird und die Aufzugskabinen ca in jedem Geschoss eines mehrgeschossigen Gebäudes mindestens einen von einer horizontalen Fahrbahn ru gebildeten Haltepunkt st haben und der flächenförmige Stator S mindestens eine vertikale Fahrbahn ru' mit einer Mehrzahl von Abbiege-Spuren zu den von den horizontalen Fahrbahnen ru gebildeten Haltepunkten st aufweist und eine Aufzugskabinen ca beim Einbiegen in eine horizontalen Fahrbahnen ru jeweils eine Viertelkreisurve durchfährt und dabei an Schienen ra derart geführt wird, dass sie ihre senkrechte Stellung beibehält, und wobei die Aufzugskabinen ca mit einer von der Stromversorgung des Aufzugssystems unabhängigen Absturzsicherung ausgebildet sind.

Fig. 17 zeigt das Aufzugssystem nach Fig. 16 bei dem ein Aufzugsschacht es des Aufzugssystems vier vertikale Fahrbahnen ru' und eine der Anzahl der Geschosse eines Hochhauses entsprechende Mehrzahl von horizontalen Fahrbahnen ru aufweist, sodass innerhalb des Aufzugsschachtes es eine Mehrzahl von Aufzugskabinen ca in einen Kreisverkehr vier Haltepunkte st in einer Eingangsebene el und jeweils zwei Haltepunkte st in jedem Geschoss derart bedienen, dass zwei in Fahrtrichtung der Aufzugskabinen ca jeweils äußere vertikale Fahrbahnen ru' für einen auf- und abwärts gerichteten Expressverkehr der Aufzugskabinen ca vorgesehen sind, während zwei innere vertikale Fahrbahnen ru' in einem auf- und abwärts gerichteten Zubringerverkehr zwei Haltepunkte st in jedem Geschoss bedienen und jeweils durch horizontale Fahrbahnen ru untereinander verbunden sind, wobei die Aufzugskabinen ca in dem Kreisverkehr regelmäßig von einer vertikalen inneren Fahrbahn ru' auf eine vertikale äußere Fahrbahn ru' und umgekehrt wechseln können ohne dabei anzuhalten.

Fig. 18 zeigt die einzelne Elemente einer Wanderfeldmaschine 14, die als eine Startvorrichtung für eine Rakete ro ausgebildet ist. Die Wanderfeldmaschine 14 mit einem hohlzylinderförmigen Stator S weist einen supraleitenden Hohlschichtkörper 10^* auf, dessen Tragwerk von einer vertikalen Röhre tu aus Stahlbeton gebildet wird. Die Startvorrichtung ist links ist einem schematischen Längsschnitt, in der Mitte mit einem Detail des supraleitenden Holschichtkörpers 10^* und rechts in einer Axonometrie der Rakete ro des Schlittens sl und des hohlzylinderförmigen Stators S dargestellt. Wie in Fig. 19 in der Übersicht gezeigt bildet die Röhre tu einen Schacht der 2500 m tief ist und an seiner dem Schlitten sl zugekehrten Innenseite das Induktionssystem des Stators S bildet, der mit einem Luftspalt β von dem Schlitten sl getrennt ist, sodass der Schlitten sl innerhalb der Röhre tu berührungslos beschleunigt werden kann. Das in der Mitte dargestellte Detail entspricht dem in Fig. 12 und in den Fig. 14 bis 15 dargestellten Ausführungsbeispiel eines supraleitenden Induktionssystems.

Fig. 19 zeigt die vertikale Startvorrichtung für eine Rakete ro nach Fig. 18 bei der, der hohlzylinderförmige Schlitten sl als ein Läufer $R1$ ausgebildet ist und bei der die senkrecht stehende zylindrische Röhre tu mit vakuumdichten Verschlüssen an beiden Enden der Röhre tu für den Katapultstart einer Rakete ro ausgebildet ist, sodass ein Satellit oder eine Raumfähre mit einer Energie von 20.000 kWh innerhalb von einer Sekunden auf einer mindestens 2500 m langen Beschleunigungsstrecke auf eine Höhe

von 200 km über die Erdoberfläche beschleunigt wird, um anschließend mit dem Triebwerk der Rakete ro in den Weltraum zu gelangen, wobei am unteren Ende des Schlittens sl ein Batteriespeicher ba und darüber ein Stoßdämpfer sa von mehreren Metern Länge angeordnet sind, sodass der Satellit oder ein Faltflugzeug fa, wie in Fig. 20 gezeigt, sich nach der Beschleunigung von dem Schlitten sl lösen und ab einer Höhe von 200 km mittels eines eigenen Triebwerks weiterbeschleunigt wird um eine orbitale Umlaufbahn zu erreichen, und der Schlitten sl am Ende der Fahrstrecke einen Bremsweg von 200 m Länge hat, und wie in Blattmitte gezeigt an den Anfang der Beschleunigungsstrecke zurückfährt, wobei aus der Rückfahrt des Schlittens sl elektrische Energie rückgewinnbar ist.

Fig. 20 zeigt als ein Beispiel der mittels der Rakete ro nach Fig. 18 und 19 in den Orbit beförderten Fracht ein faltbares Flugzeug fa. Links oben beim Verlassen der Rakete ro und rechts oben mit eingefalteten Tragflächen und unten im entfalteten Zustand in Vorbereitung des Wiedereintritts in die Erdatmosphäre. Die in Fig. 18 und 19 beschriebene elektromagnetische Startvorrichtung für Raketen ro kann so dimensioniert werden, dass die Beschleunigung für Passagiere erträglich sind und unterhalb des zehnfachen g-Werts liegen. Dabei spielt der in Fig. 18 gezeigte Stoßdämpfer sa, eine entscheidende Rolle, da die Rakete ro während des Starts einen Weg entgegen der Richtung der Beschleunigung zurück legen kann.

Fig. 21 zeigt eine Wanderfeldmaschine 14 mit einem Stator S, der von mindestens einer Fahrbahn ru gebildet wird, wobei eine Vielzahl von Elektrofahrzeugen ev mit einem Unterbodenpaneel up ausgebildet sind, das als Läufer R1-Rn der Wanderfeldmaschine 14 eine Mehrzahl von Permanentmagneten pm mit der Fahrbahn ru zugewandten Magnetachsen z' in einer Rasteranordnung g' aufweist, und das Unterbodenpaneel up zusammen mit einer Mehrzahl in die Fahrbahn ru integrierter, und mit einer Matrixschaltung q schaltbarer Elektromagnete des Stators S mit Magnetachsen z die den Magnetachsen z' des Unterbodenpaneels up im Verhältnis von 4 zu 3, oder umgekehrt gegenüberstehen einen temporären Antrieb für den Ladebetrieb eines Elektrofahrzeugs ev dadurch ermöglicht, dass der Elektromotor ee des Elektrofahrzeugs ev im Generatorbetrieb den Ladestrom für den Batteriespeicher ba des Fahrzeugs bereitstellt.

Fig. 22 zeigt das Fahr und Ladesystem für ein Elektrofahrzeug nach Fig. 21 in einer Explosionsisometrie mit Darstellung der Niveauregulierung lc für das Unterbodenpaneel up. Im Ladebetrieb ist der Luftspalt β zwischen dem Unterbodenpaneel up mittels einer pneumatisch, hydraulisch, oder elektromechanisch betätigten Niveauregulierung lc einstellbar und beträgt minimal 1,5 mm und maximal 5 mm, wobei das Elektrofahrzeug ev im Fahrbetrieb eine reguläre Bodenfreiheit von 15 cm hat. Das Fahr- und Ladesystem ermöglicht mit mindestens zwei in Fahrtrichtung parallel zueinander angeordneten Fahrbahnen ru den Spurwechsel einer Mehrzahl von Elektrofahrzeugen ev. Durch die Möglichkeit des bidirektionalen Ladens können sich für den Halter eines Elektrofahrzeugs ev wirtschaftliche Vorteile ergeben wenn der aus einer eigenen Solaranlage in dem Batteriespeicher ba des Elektrofahrzeugs ev gespeicherte Strom wenigstens teilweise anderen Verkehrsteilnehmern zur Verfügung gestellt wird.

Bezugszeichenübersicht

Elektrische Maschine	1	Kanalstruktur	2,2'
Hohlschichtkörper	10,10*	Hohlkammerprofil	20,20'
Radialflussmaschine	11	Wärmeübertrager	21,21'
Axialflussmaschine	12	Kontaktflächen	22,22'
TFRM, TFPM	13,13'	Vorlauf, Rücklauf	23,23'
Wanderfeldmaschine	14	Schlaufenkanal	24
Folie	15	Sternkanal	25
Leiterbahnen	16	Ringkanal	26,26'
Blechlamellen	7,7',7'',7*	Spiralkanal	27
Wicklung	8,8',8'',8*	Wärmerohr, Kühlrippen	28,28'
Polschuh	19	Füllstoff	29,29'
Gehäuse, Luftspalt	α, β	Batteriespeicher	ba
Wechsel- Gleichstrom	ac,dc	Aufzugskabine	ca
Kühlmittelkreislauf	c,c*	Elektromotor	ee
Schaltung	ci,ci'	Eingangsebene	el
Querverbinder	cr	Aufzugsschacht	es
Enden	e,e'	Elektrofahrzeug	ev
Rasteranordnung	g,g'	Faltbares Flugzeug	fa
Schichten	L1,L2	Höhe	h
Zeile, Spalte	m,n	Niveauregulierung	lc
Phase, Verteiler	p1-pn, p*	Schiene	ra
Phasenbrücke	pb	Rakete	ro
Permanentmagnet	pm	Fahrbahn,horizontal,vertikal	ru,ru'
Matrixschaltung	q	Stoßdämpfer	sa
Läufer	R1-Rn	Schlitten	sl
Regelelektronik	re	Haltepunkt	st
Stator	S	Fahrstrecke	tr
Oberfläche	su	Röhre	tu
Transistor (MOSFET)	t1-tn	Unterbodenpaneel	up
Motorachse	x	Ventilator	ve
Magnetachse	z,z'	Vakuumdämmsystem	vi

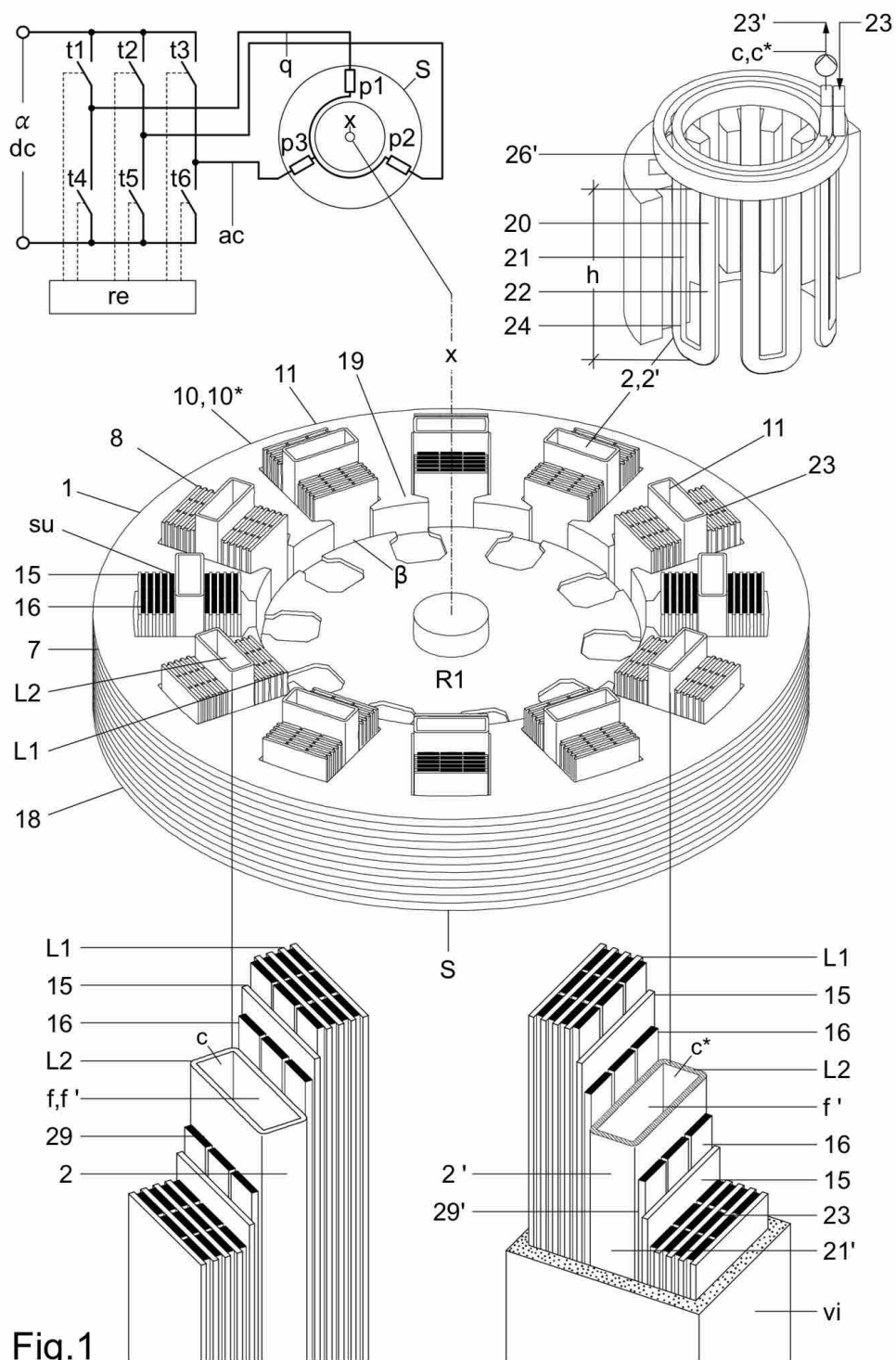


Fig.1

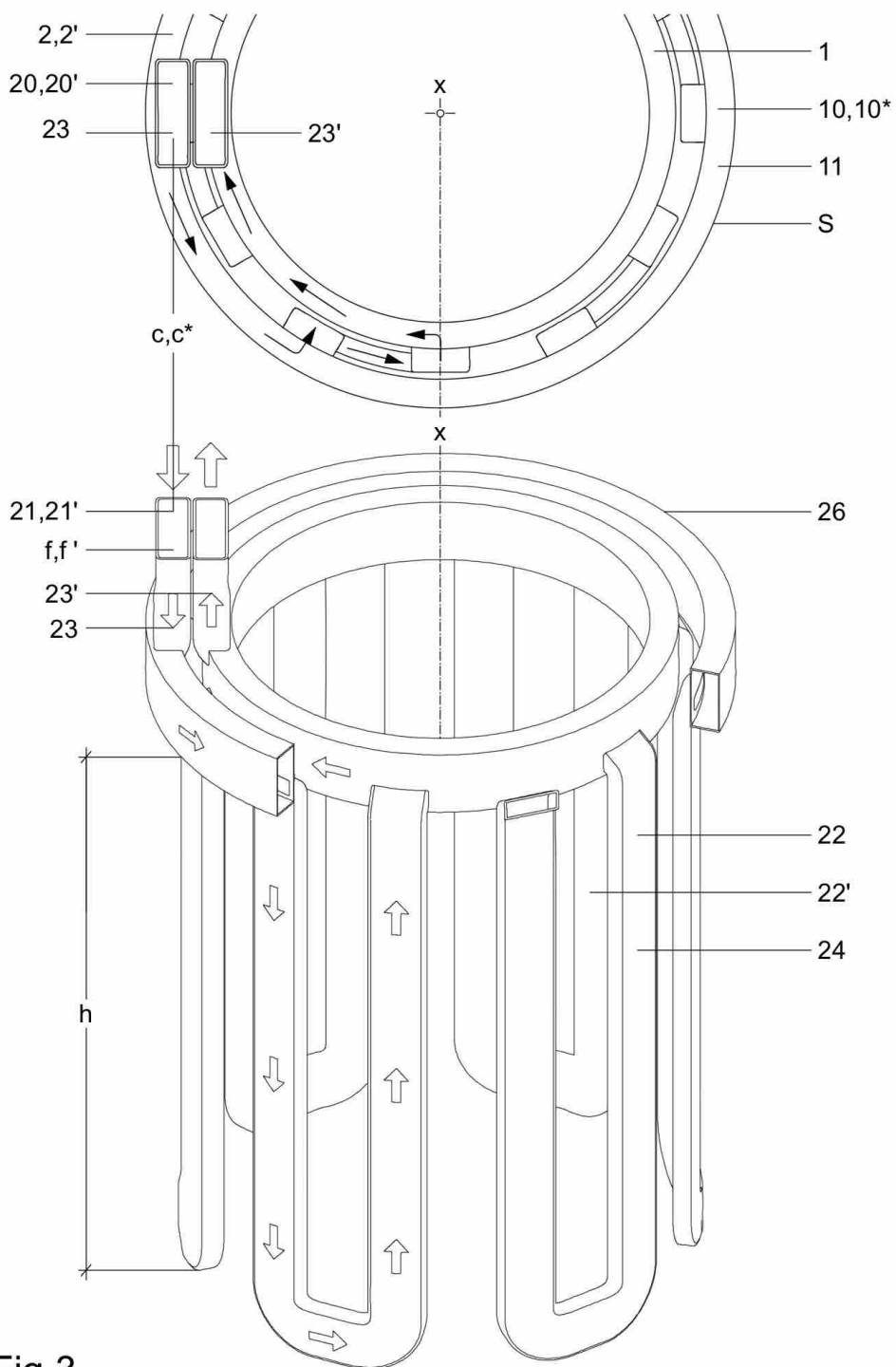


Fig.3

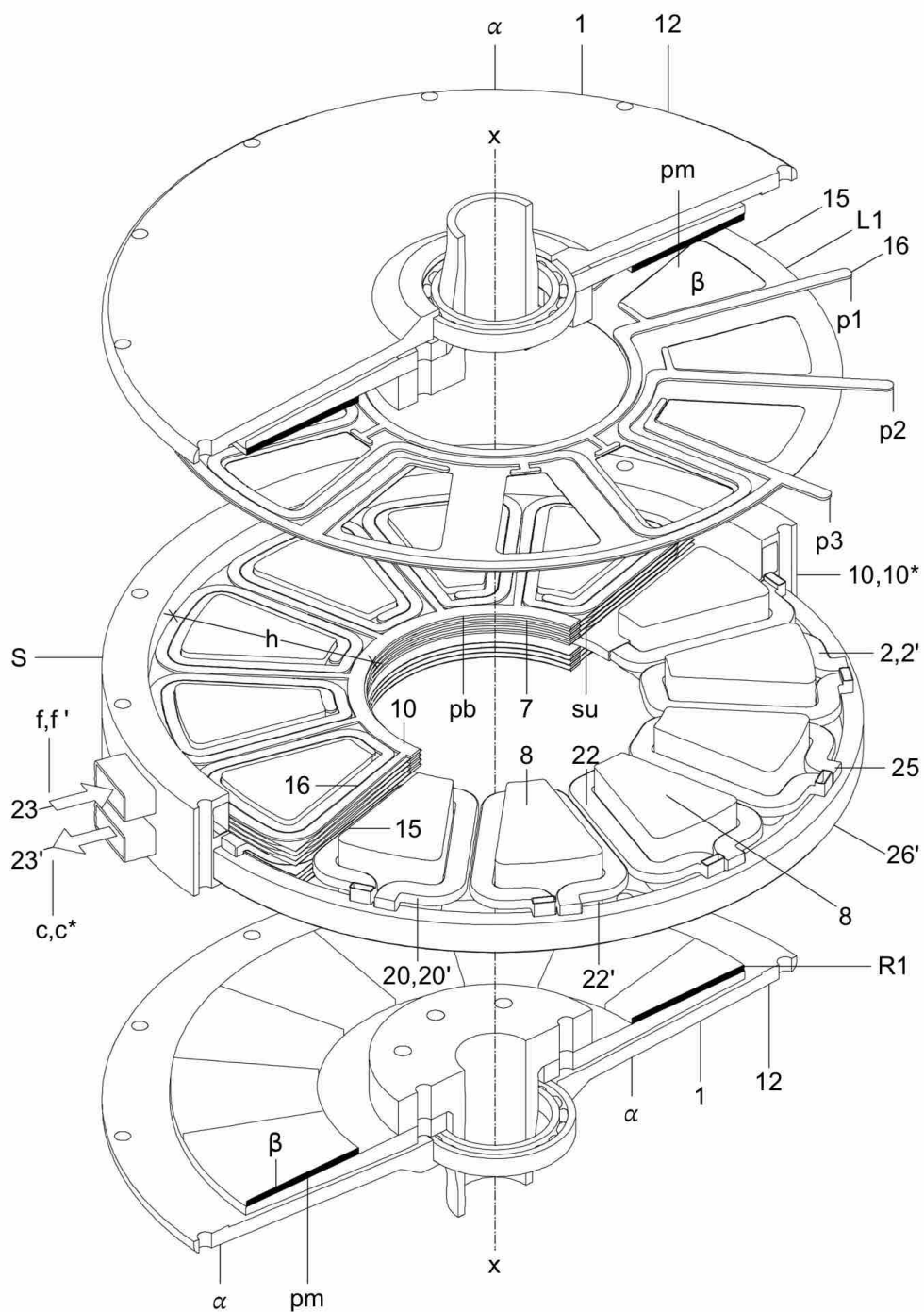


Fig.4

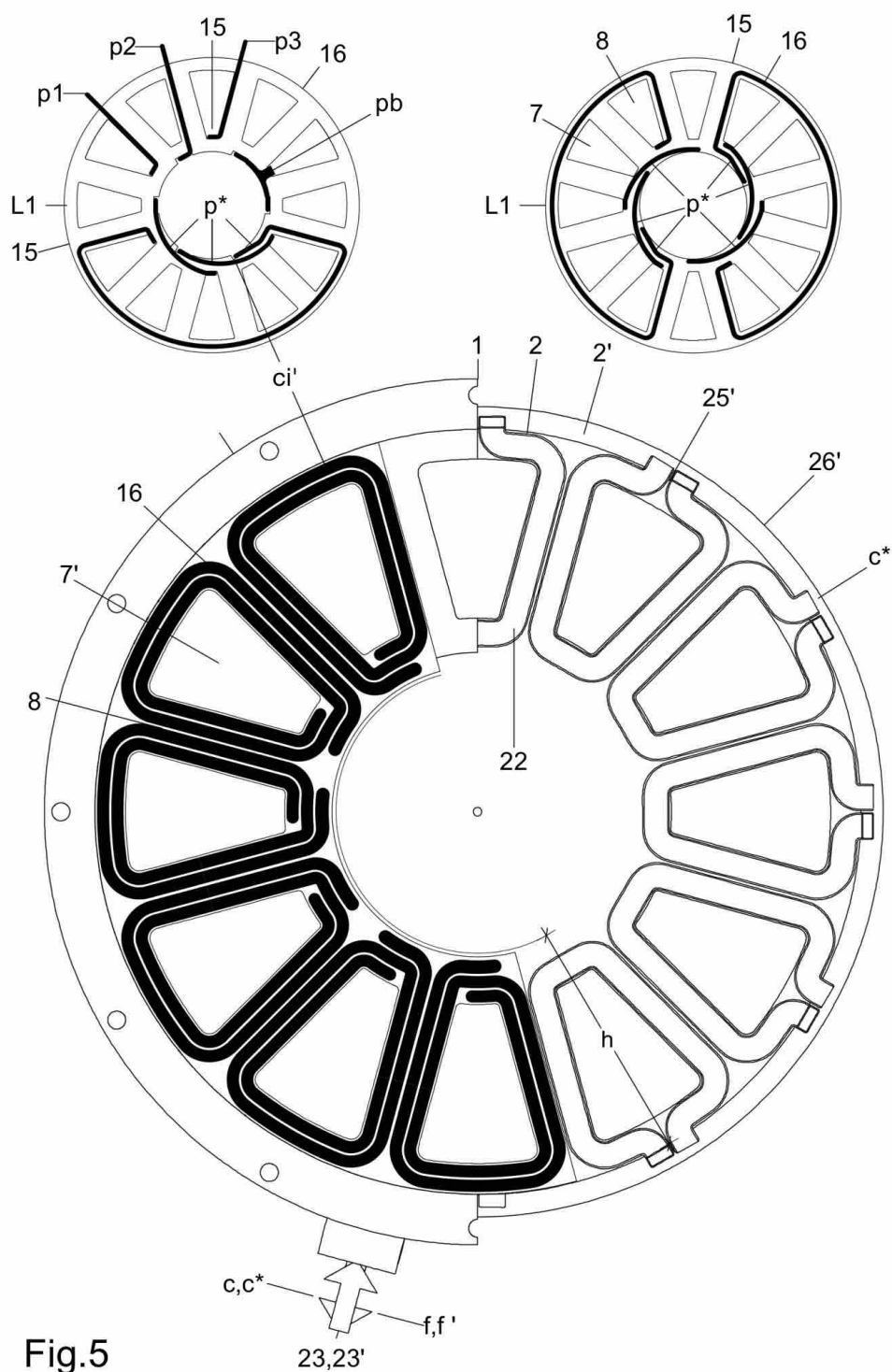


Fig.5

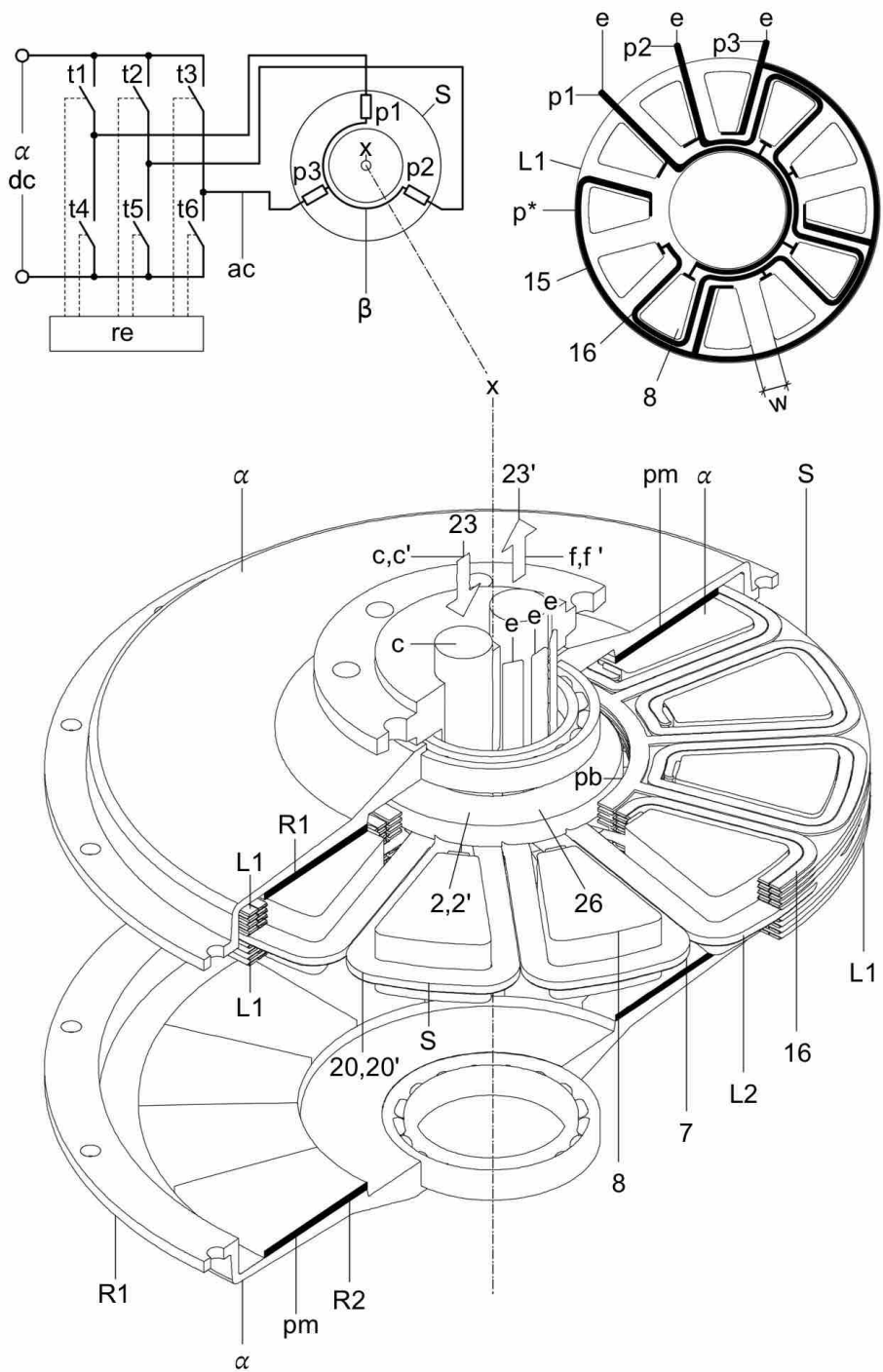


Fig.6

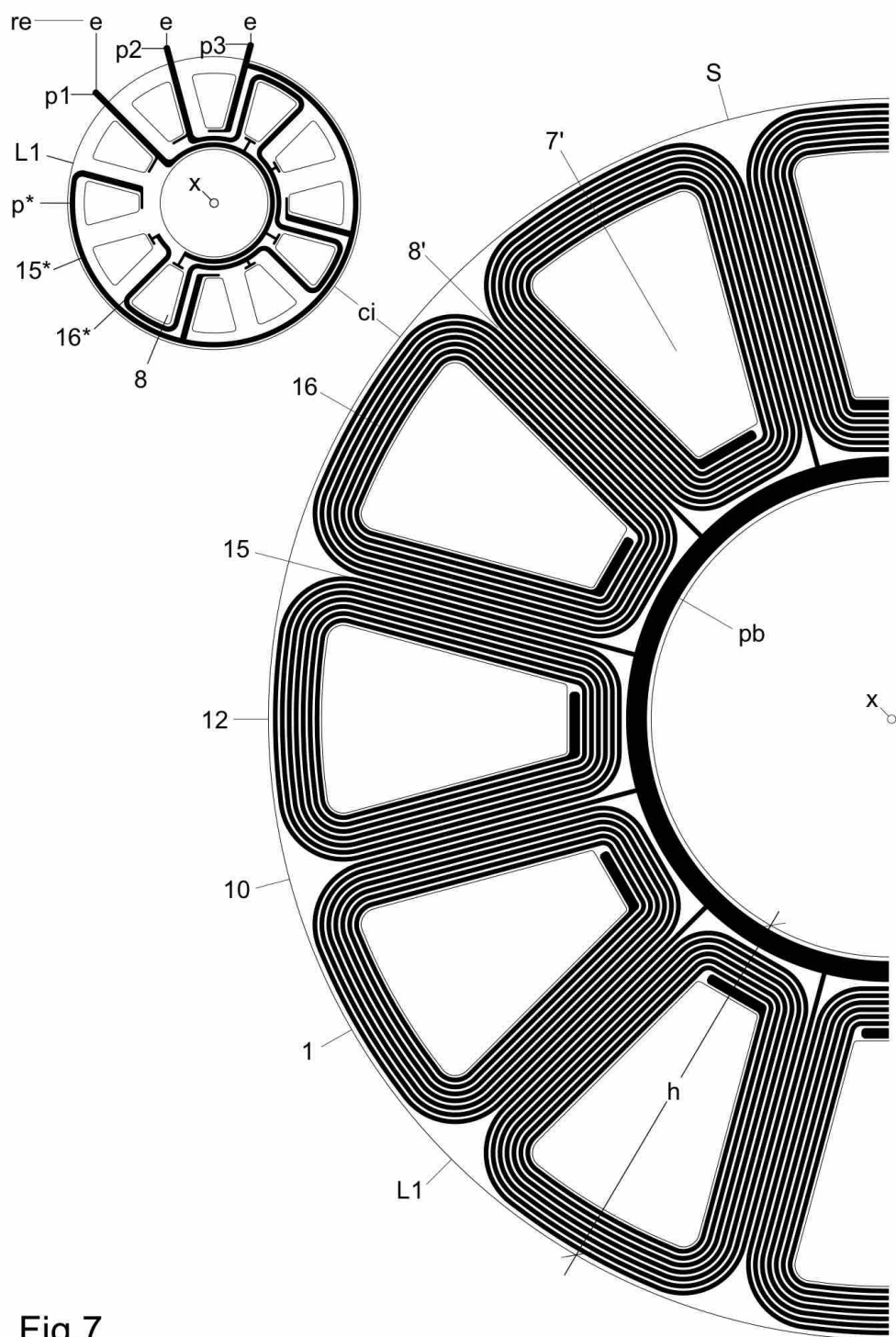


Fig.7

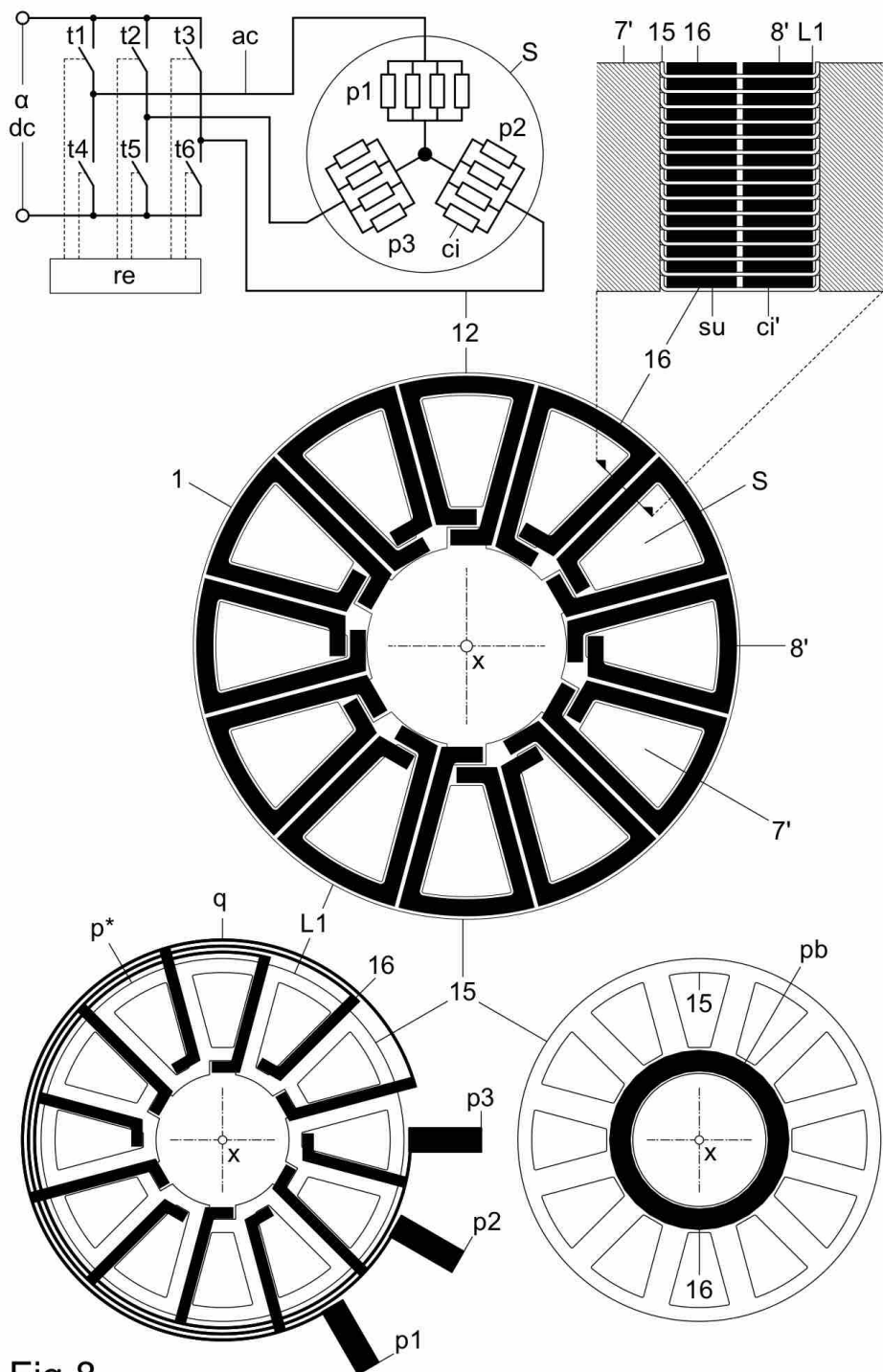


Fig.8

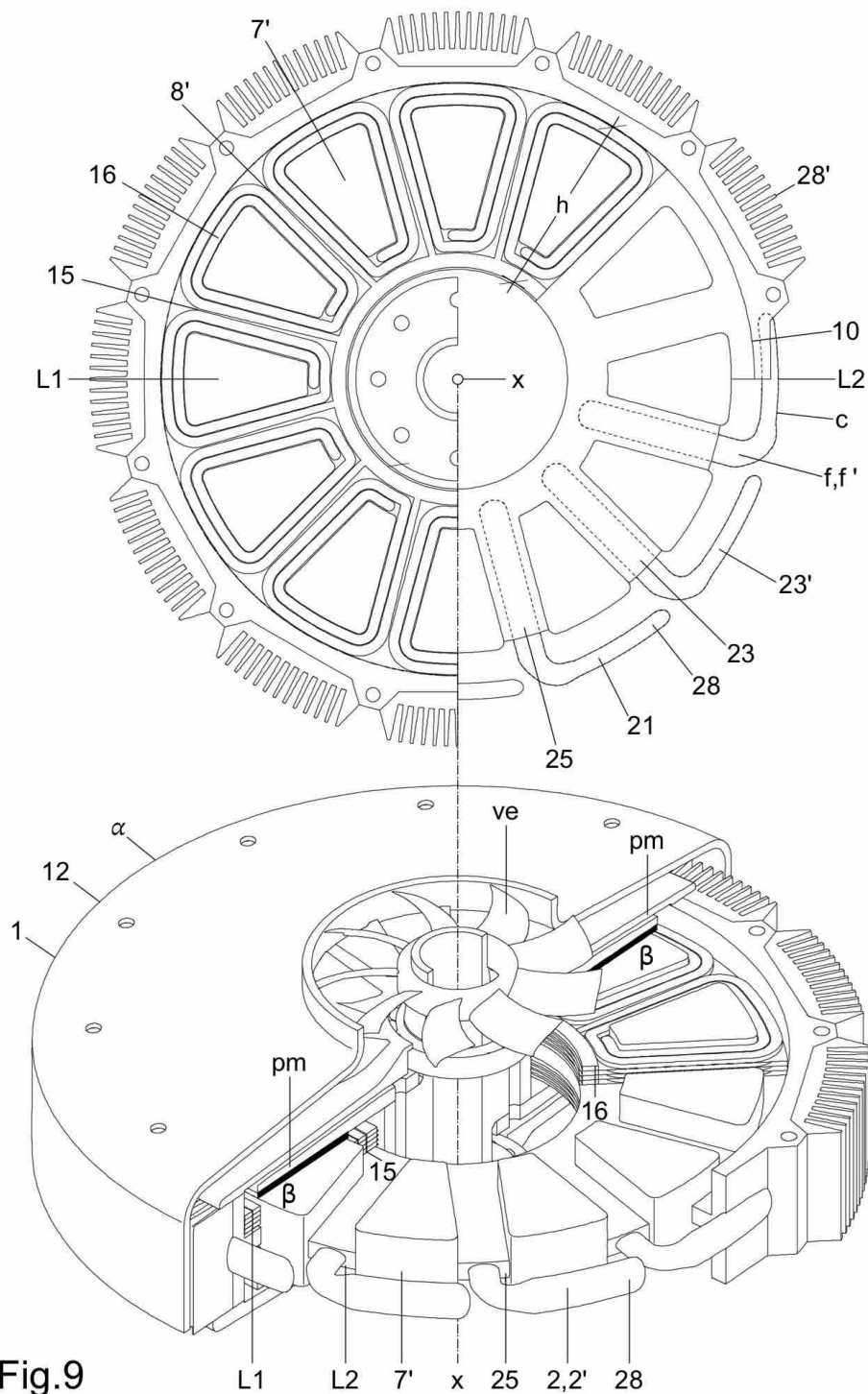


Fig.9

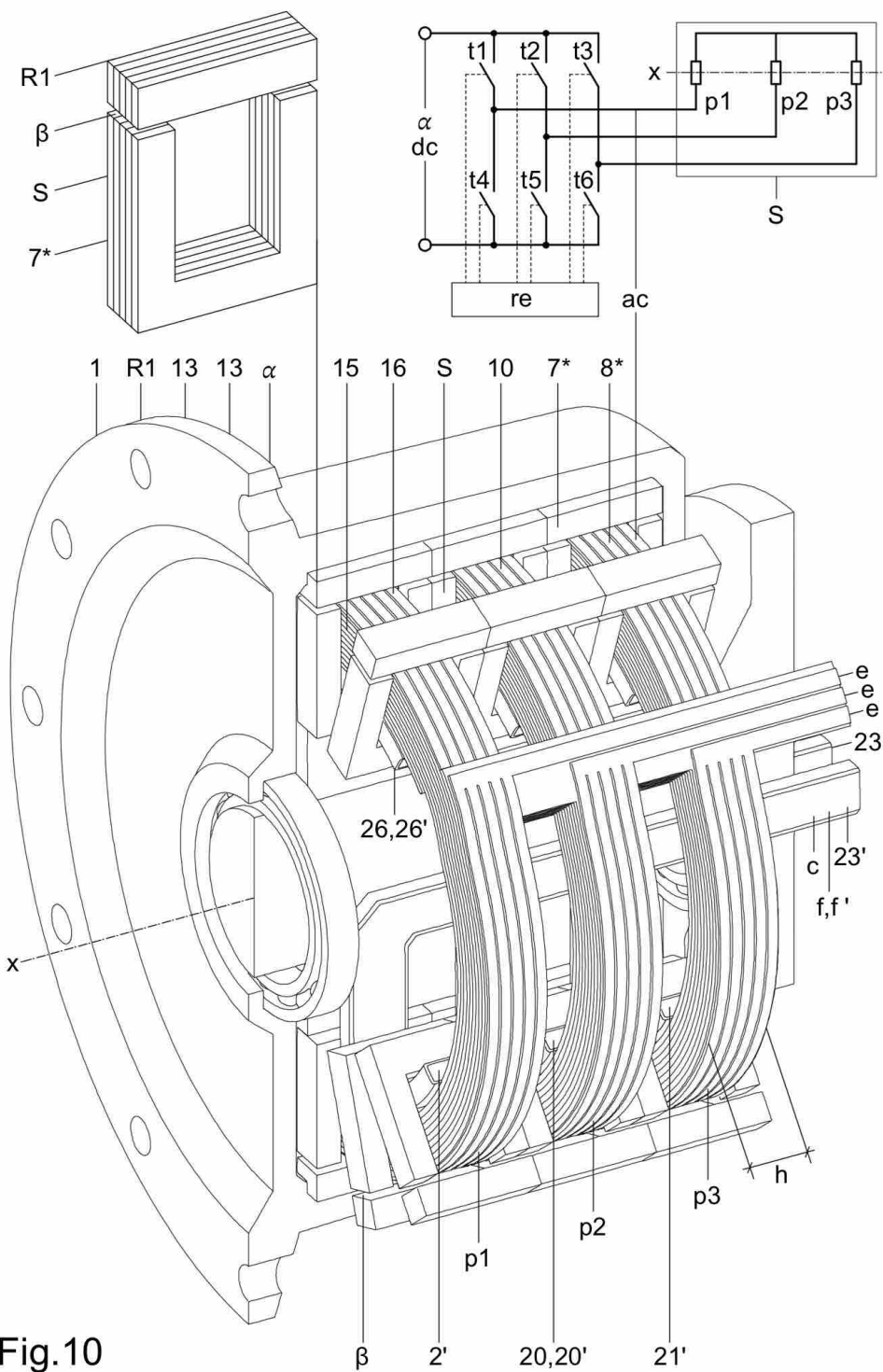


Fig.10

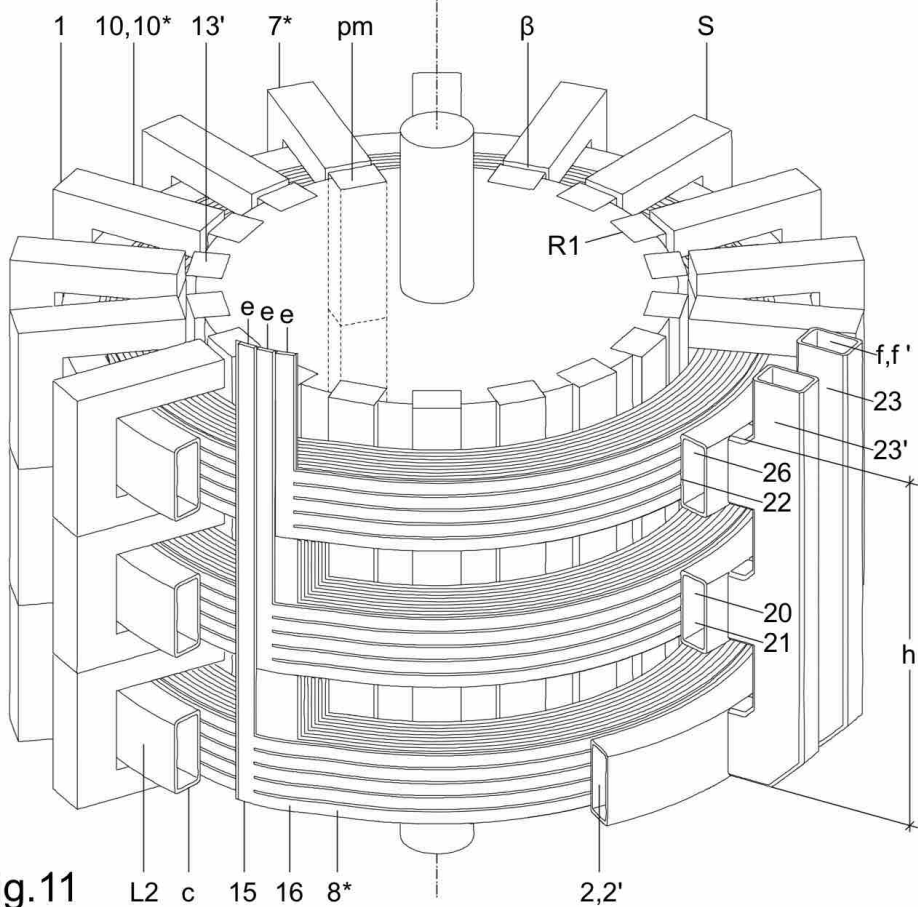
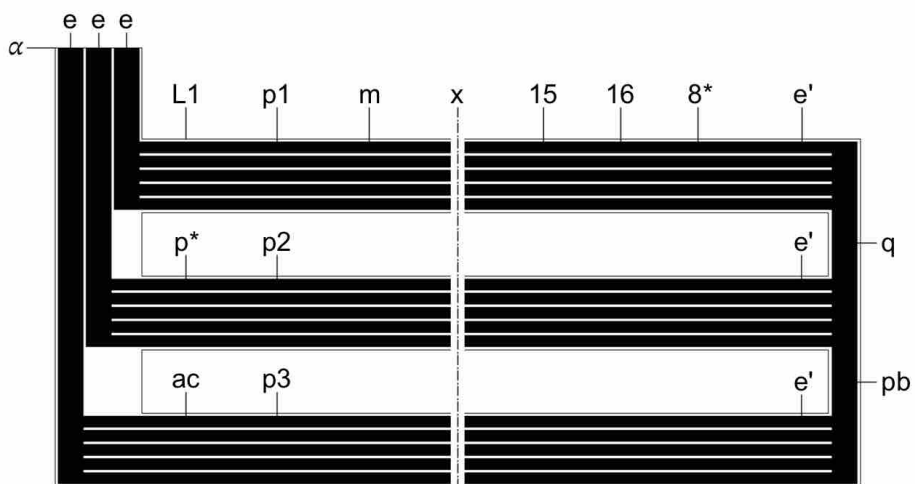


Fig.11

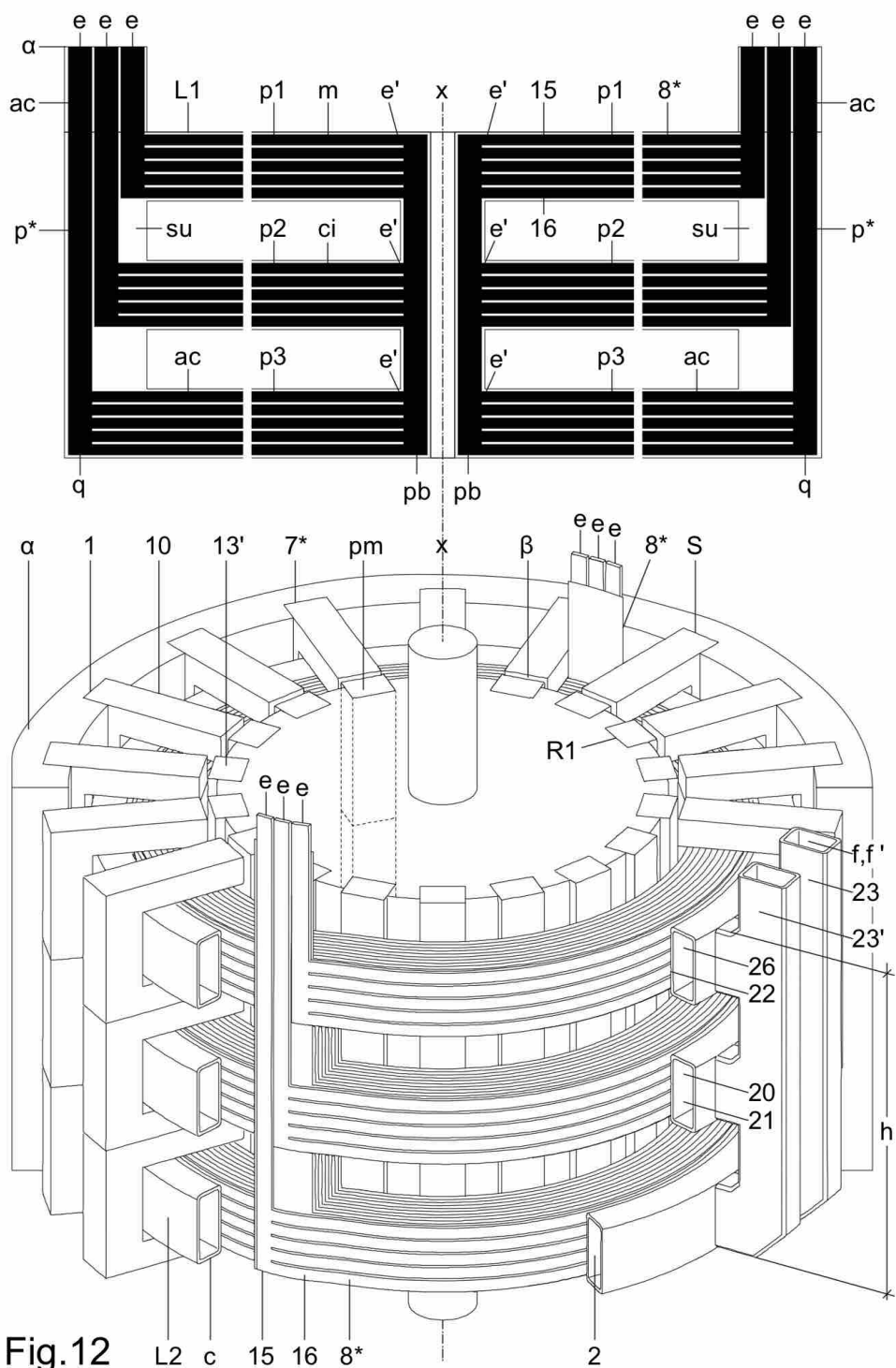


Fig.12

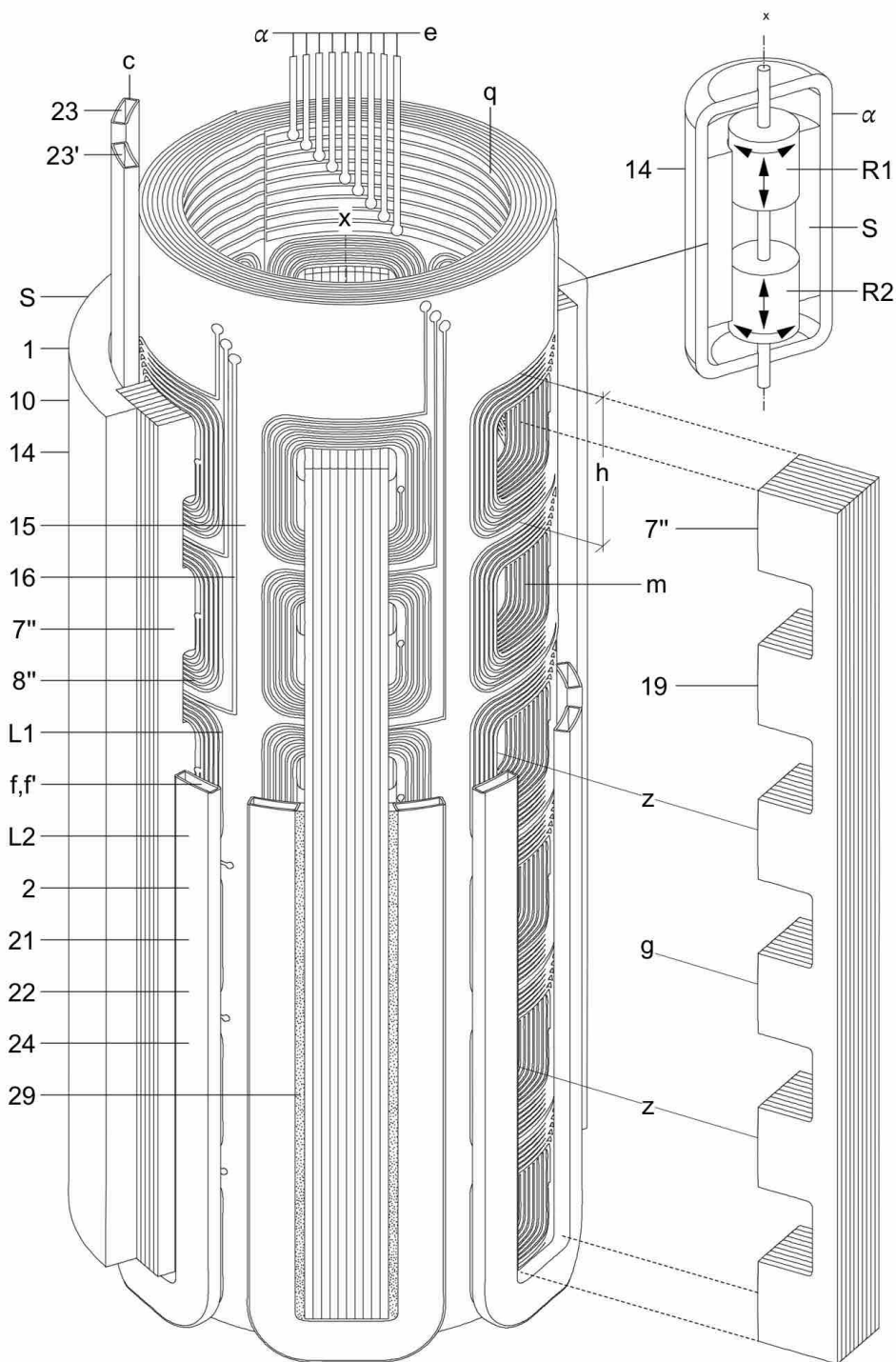


Fig.13

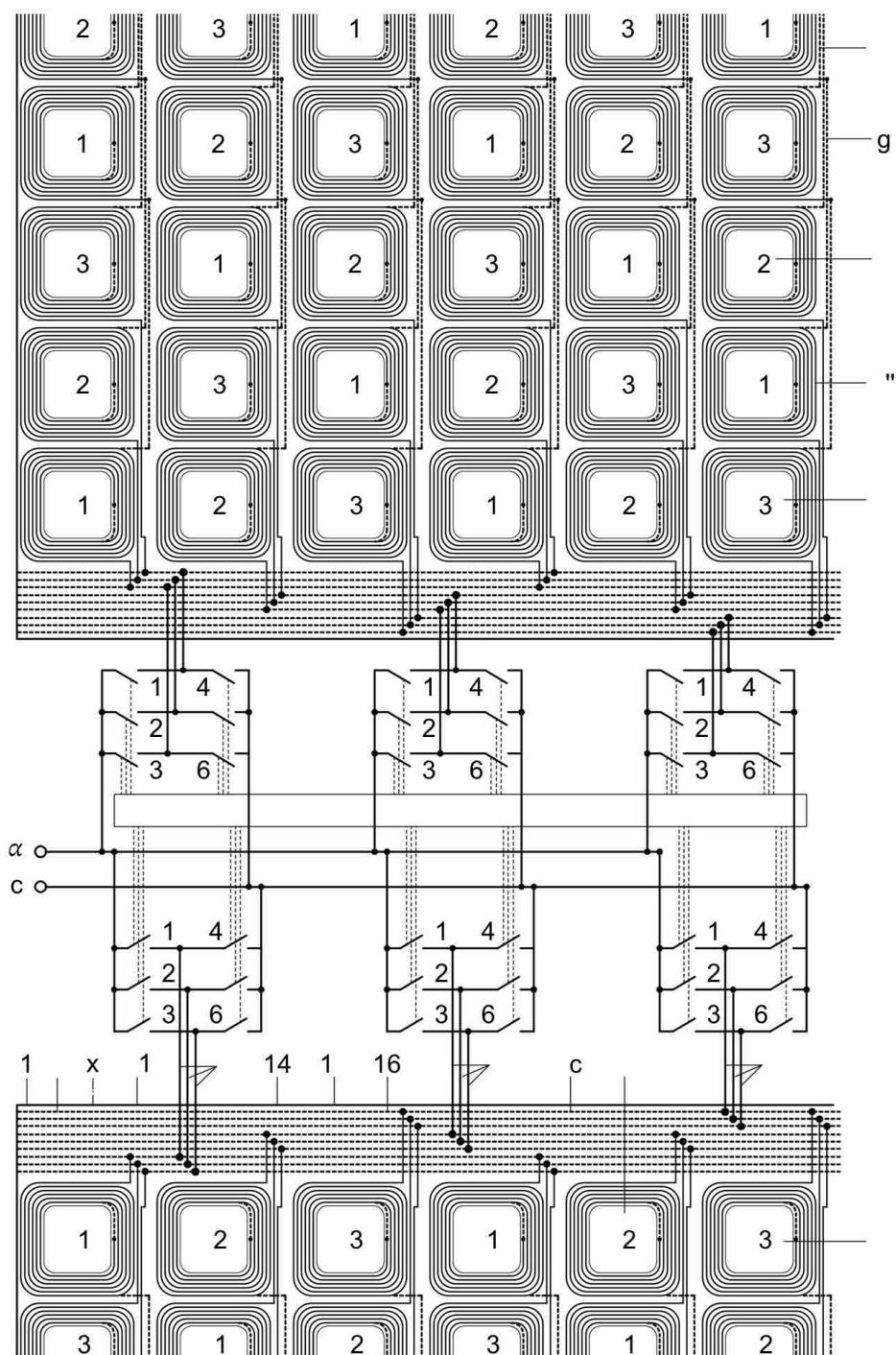


Fig.14

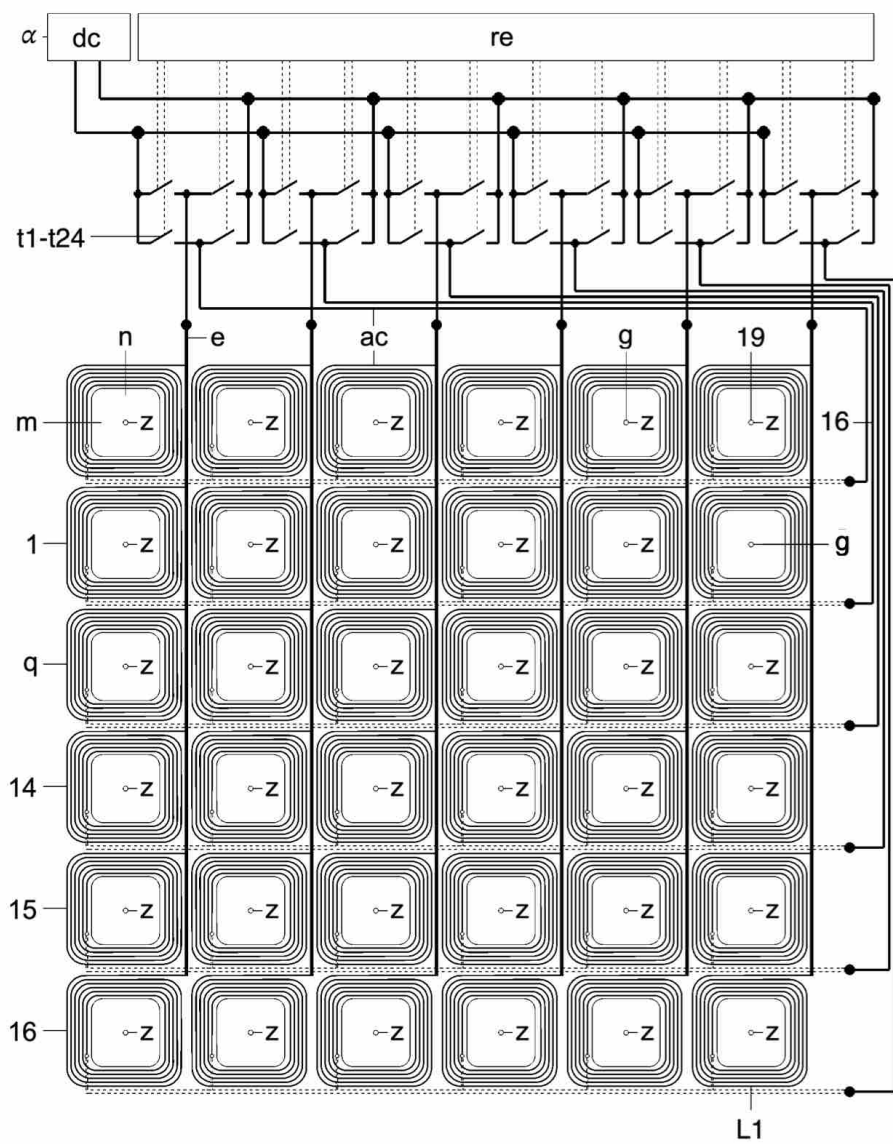


Fig.15

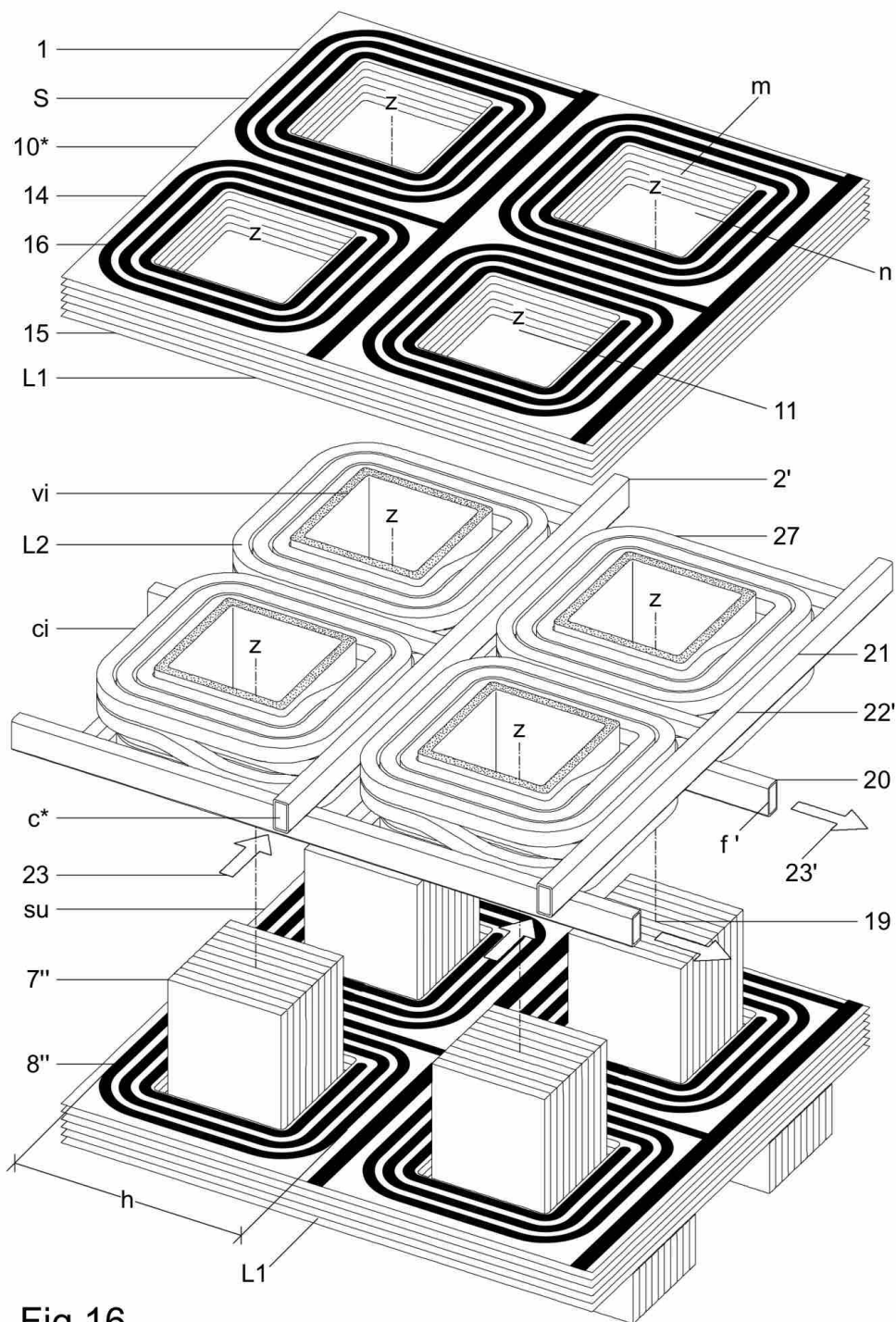


Fig.16

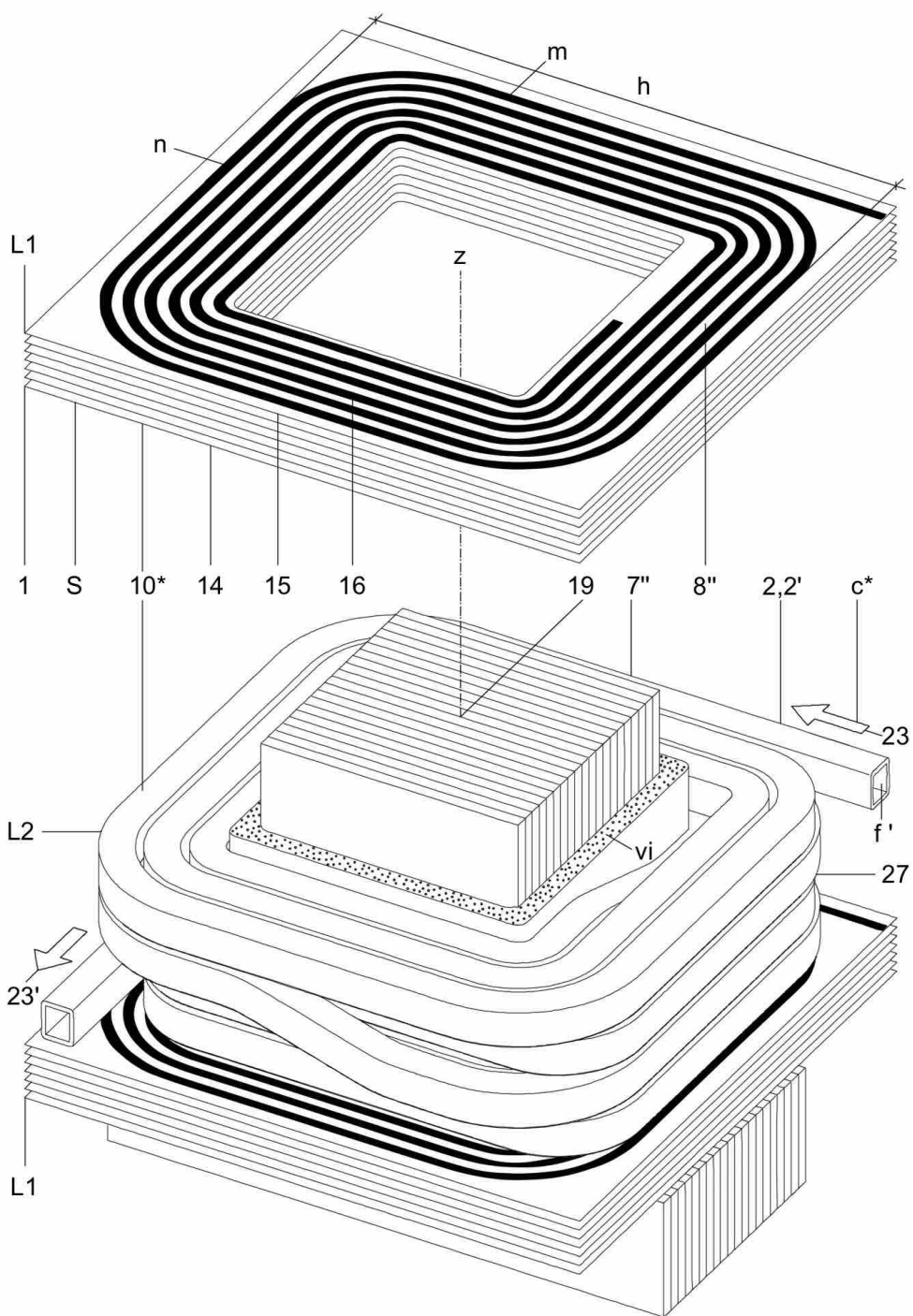


Fig.17

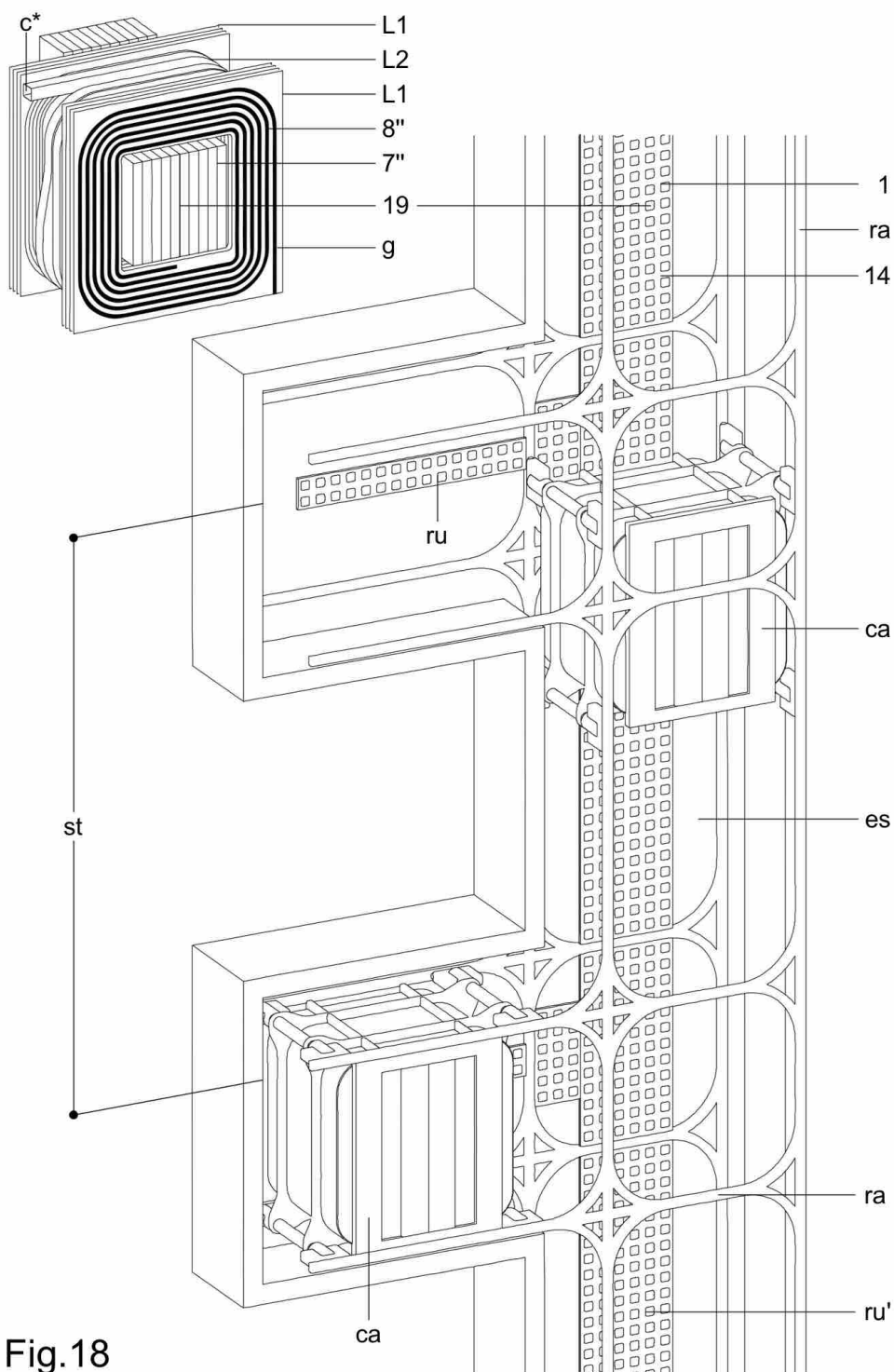


Fig.18

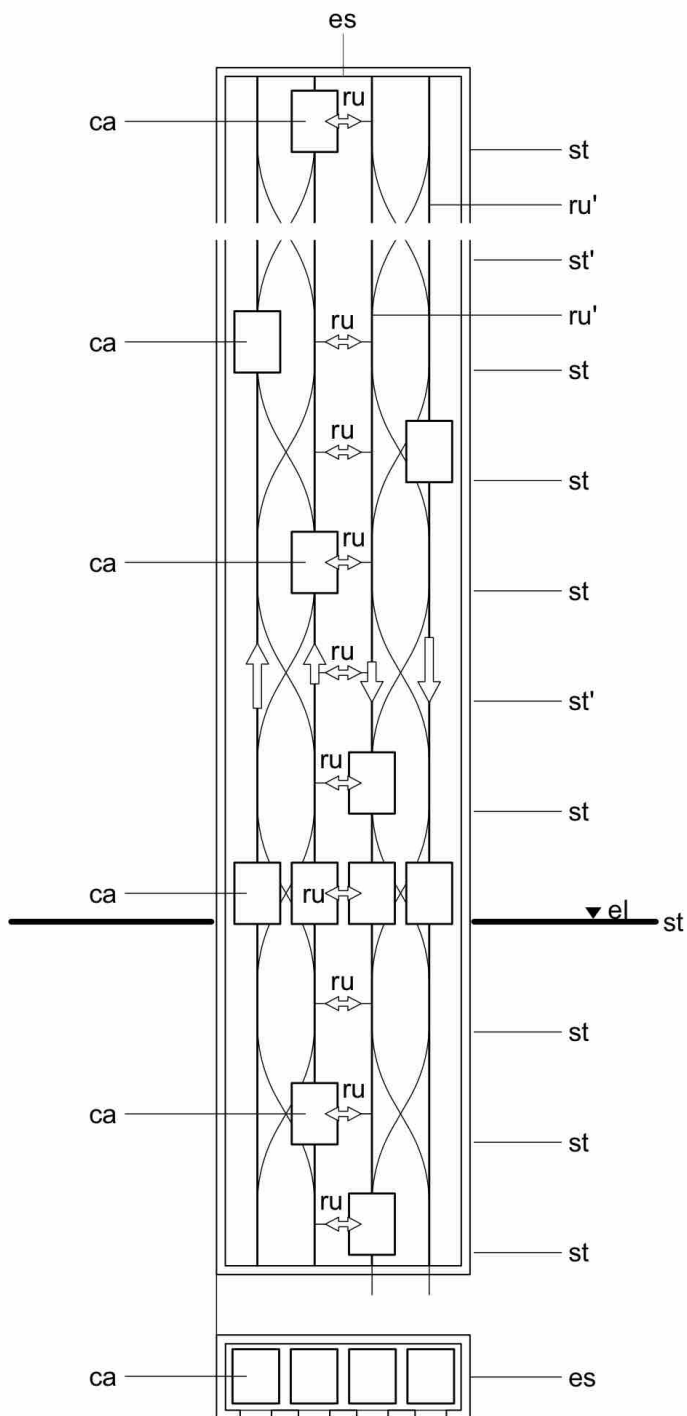


Fig.19

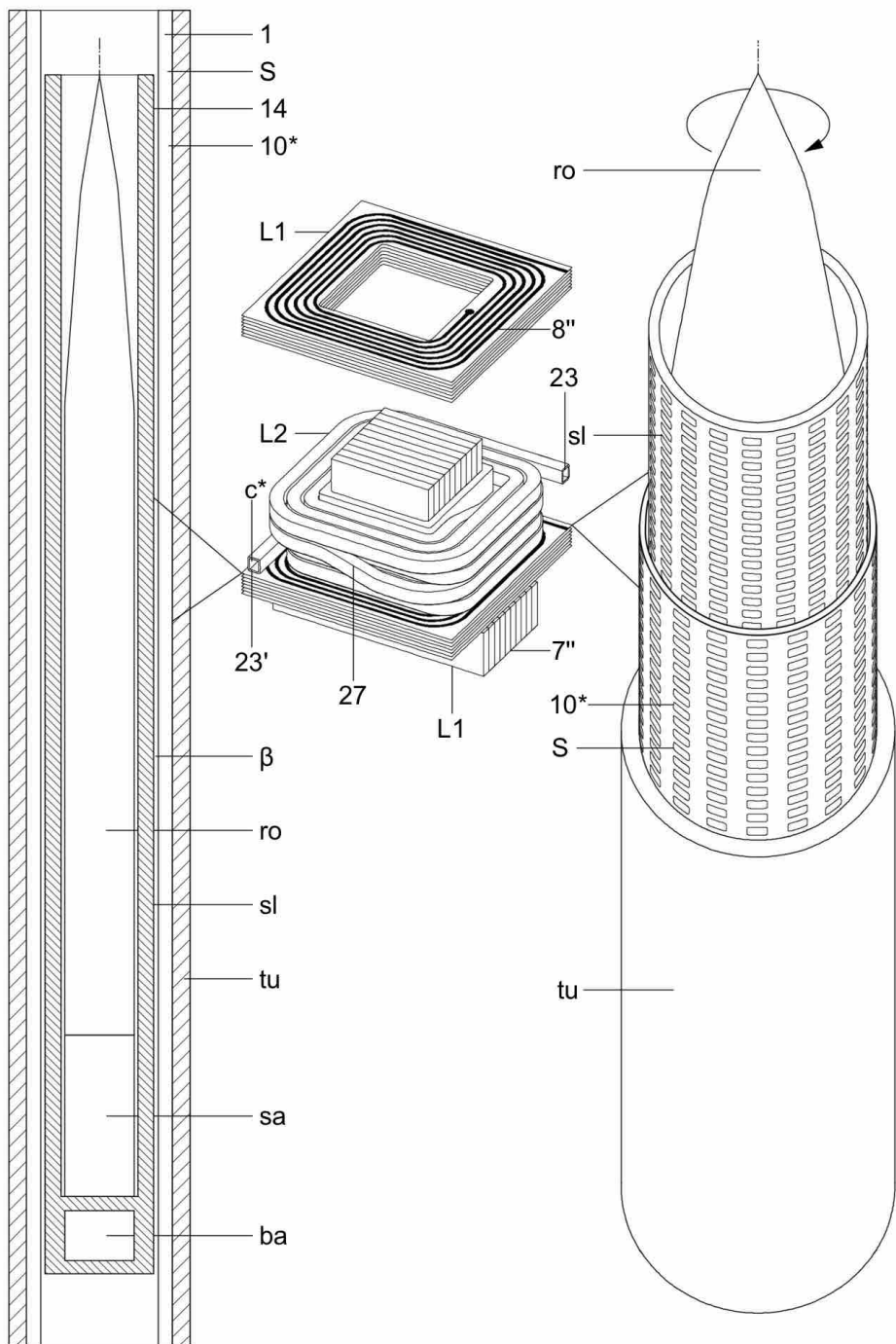


Fig.20

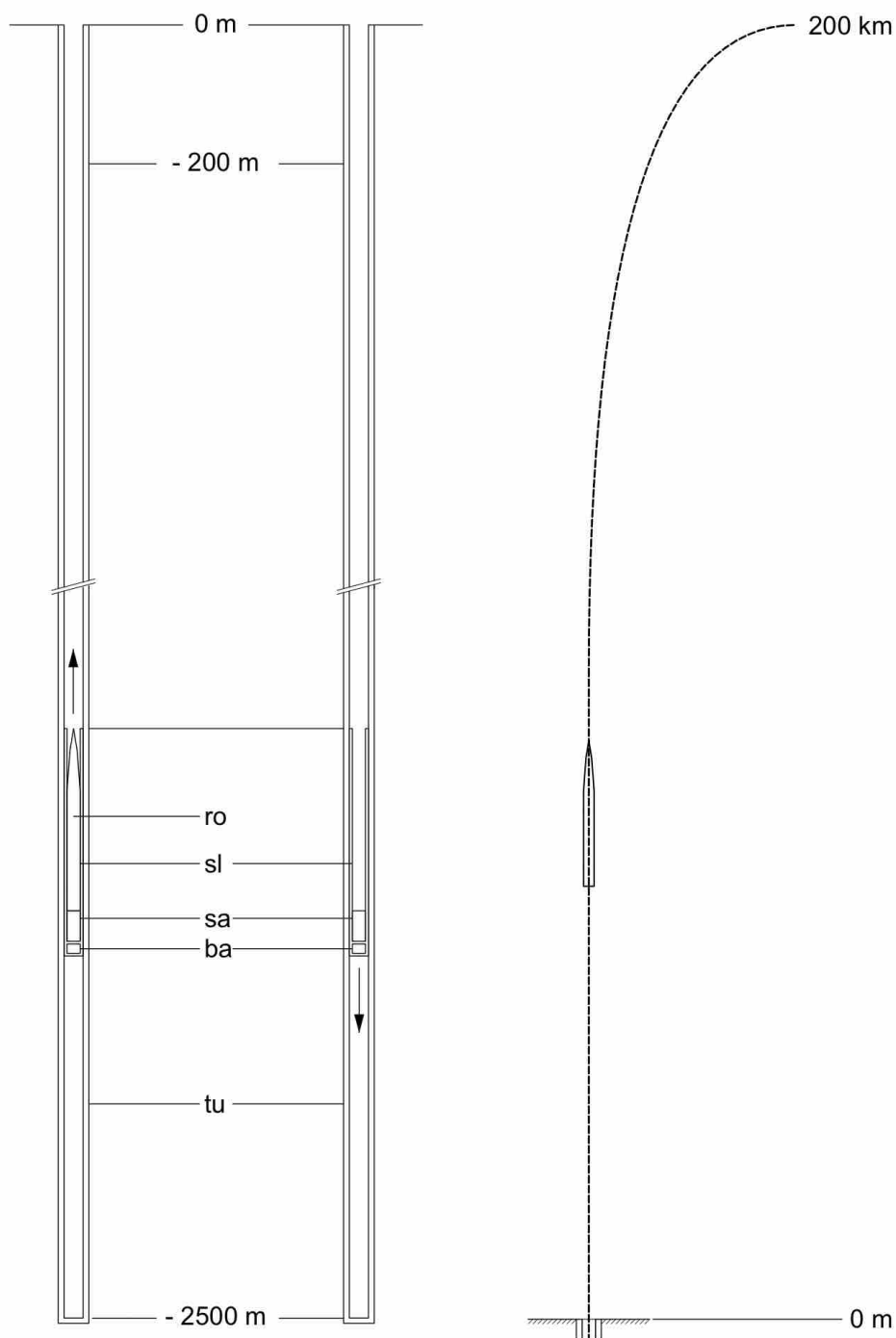


Fig.21

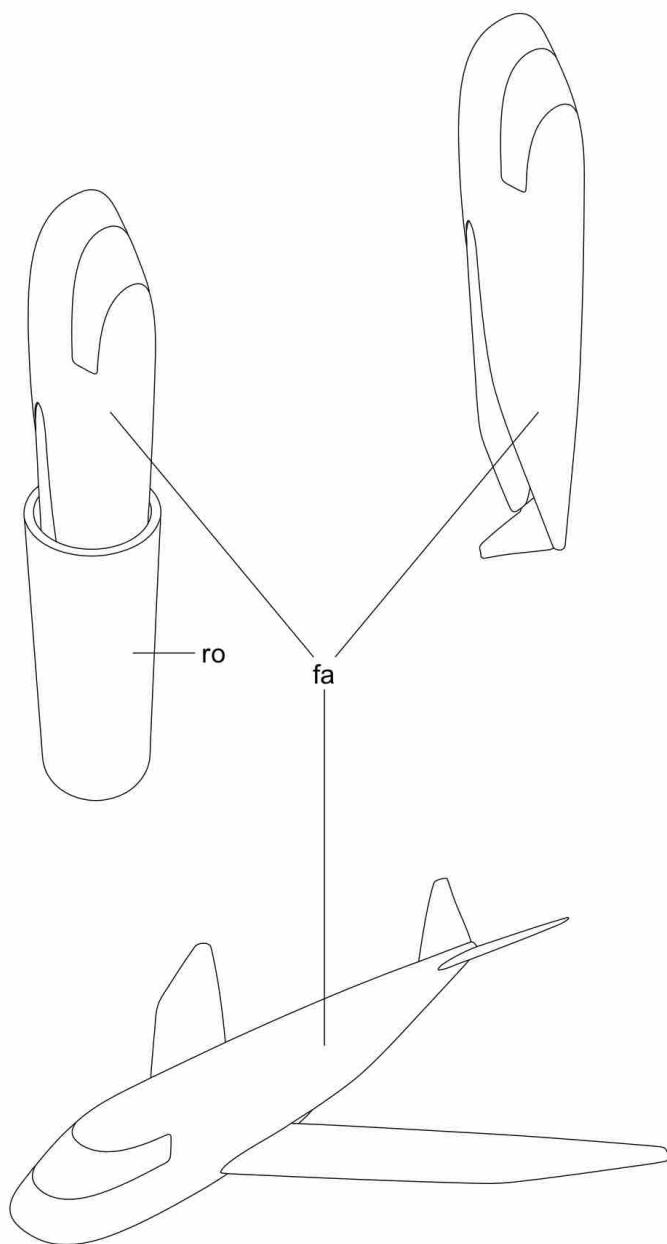


Fig.22

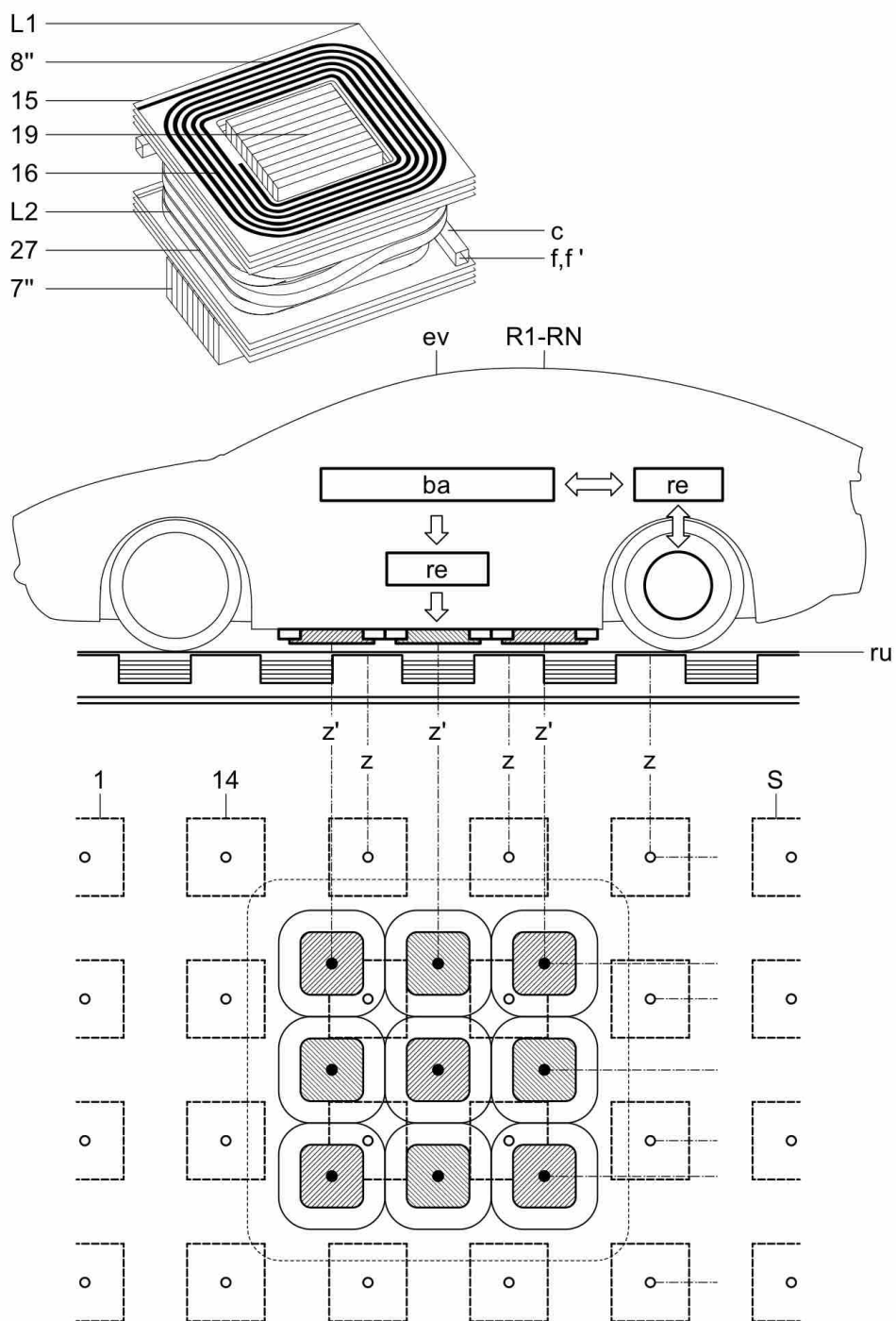


Fig.23

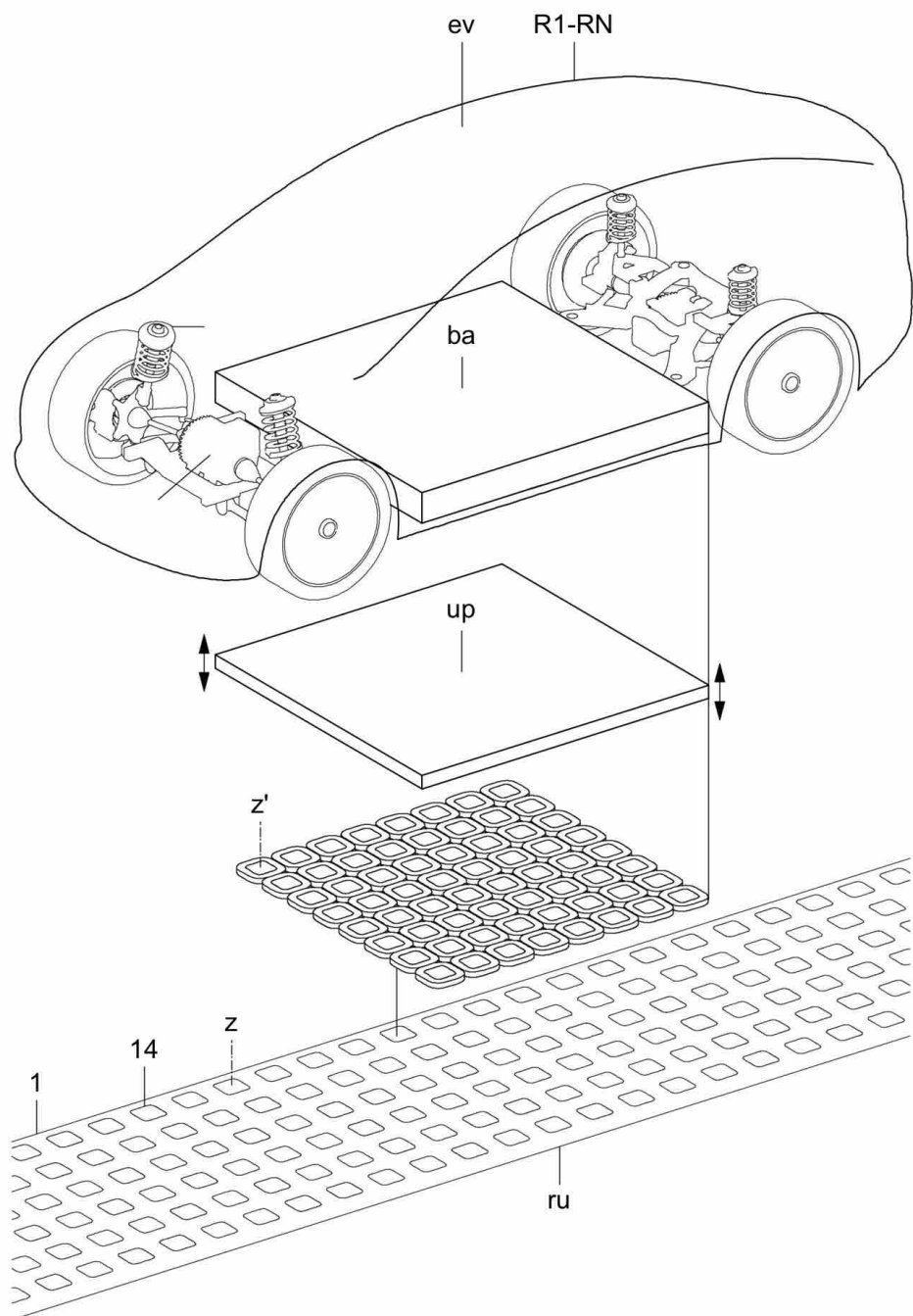


Fig.24