



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 056 212 A1** 2006.06.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 056 212.1**

(22) Anmeldetag: **22.11.2004**

(43) Offenlegungstag: **01.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H02K 16/00** (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Bott, Erich, 97618 Hollstadt, DE; Braun, Matthias,
97711 Maßbach, DE; Schunk, Holger, 97461
Hofheim, DE; Vollmer, Rolf, 36129 Gersfeld, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 103 24 601 A1

DD 2 53 331 A1

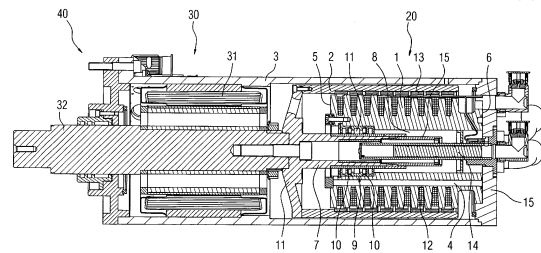
US 65 70 275 B2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Maschine mit einem rotatorischen und einem linearen Aktuator**

(57) Zusammenfassung: Eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung umfasst einen ersten Maschinenteil (30), der ein Statorelement (31) und ein Rotorelement (32) enthält und der als rotatorischer Aktuator in Wechselwirkung mit einer rotatorischen Bewegung des Rotorelements (32) ausgebildet ist. Weiterhin umfasst die elektrische Maschine (40) einen zweiten Maschinenteil (20), der ein Primärteil (1) und ein Sekundärteil (2) enthält und der als linearer Aktuator in Wechselwirkung mit einer linearen Bewegung des Sekundärteils (2) ausgebildet ist. Das Rotorelement (32) des ersten Maschinenteils (30) und das Sekundärteil (2) des zweiten Maschinenteils (20) sind miteinander verbunden. Das Sekundärteil (2) des zweiten Maschinenteils (20) ist rotierend bewegbar und als Außenläufer ausgebildet. Mit einem solchen Sekundärteil (2) lässt sich eine höhere Kraft eines als Linearmotor wirkenden zweiten Maschinenteils (20) realisieren. Das Sekundärteil (2) ist in dessen Zentrum gegenüber dem Primärteil (1) gelagert.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem ersten Maschinenteil, der einen rotatorischen Aktuator umfasst, sowie mit einem zweiten Maschinenteil, der einen linearen Aktuator umfasst.

[0002] Elektrische Maschinen der eingangs genannten Art kommen insbesondere als Antriebsvorrichtungen in Werkzeugmaschinen oder als Walzenantriebsvorrichtungen beispielsweise in Druckmaschinen zum Einsatz. Bei derartigen Maschinen ist vor allem eine hohe Dynamik gefordert, beispielsweise wenn ein Werkzeug wie eine Fräsmaschine sowohl rotatorisch als auch linear bewegt werden soll. Hierbei ist es Ziel, neben einer rotatorischen Bewegung eine lineare Bewegung insbesondere ohne Umschaltung eines Getriebes mit hohen Vorschubgeschwindigkeiten und hoher Präzision zu realisieren.

[0003] Für einen solchen Einsatzzweck werden beispielsweise elektrische Maschinen eingesetzt, die sowohl einen rotatorischen Aktuator zur Umsetzung einer rotatorischen Antriebsbewegung als auch einen linearen Aktuator zur Umsetzung einer linearen Antriebsbewegung aufweisen. Hierzu werden beispielsweise elektrische Maschinen eingesetzt, die entsprechende unterschiedliche Maschinenteile aufweisen. Beispielsweise beinhaltet ein erster Maschinenteil ein Statorelement und ein Rotorelement, welches in Wechselwirkung mit dem Statorelement für einen rotatorischen Antrieb beispielsweise eines am Rotorelement befestigten Werkzeugs sorgt. Das Statorelement ist in einem Ständer der elektrischen Maschine untergebracht, der mechanisch ruhend ist. Ein Läufer hingegen beinhaltet das Rotorelement, das insbesondere an einer rotierenden Welle befestigt ist. Der Ständer ist im allgemeinen als Hohlzylinder ausgebildet, in dessen Innenraum der Läufer als Vollzylinder untergebracht ist. Das Statorelement des Ständers enthält die Statorwicklungen, welche bei Stromdurchfluss das magnetische Hauptfeld erzeugen, das in Wechselwirkung mit dem Erregerfeld tritt, das von den Rotorwicklungen oder von Permanentmagneten im Rotorelement erzeugt wird.

[0004] Ein solcher als rotatorischer Aktuator ausgebildeter erster Maschinenteil ist mit einem zweiten Maschinenteil verbunden, der als linearer Aktuator für eine lineare Bewegung der mit dem Rotorelement des ersten Maschinenteils befestigten Welle sorgt. Der zweite Maschinenteil umfasst insbesondere ein Primärteil mit elektrischen Wicklungen, die das Hauptfeld erzeugen, sowie ein Sekundärteil, das beispielsweise mit Permanentmagneten bestückt ist zur Erzeugung des Erregerfeldes. Die einzelnen Phasen der Wicklungen des Primärteils werden mit drei sinusähnlichen Stromverlaufskurven bestromt und führen zu einem so genannten Wanderfeld, das zu einer li-

nearen Bewegung des Sekundärteils führt.

[0005] Das Primärteil eines solchen zweiten Maschinenteils ist im allgemeinen, ähnlich zu dem Statorelement einer rotatorischen elektrischen Maschine, als Hohlzylinder ausgebildet, während das Sekundärteil, ähnlich zum Rotorelement einer rotatorischen elektrischen Maschine, als Vollzylinder ausgebildet ist, der im Innenraum des Hohlzylinders des Primärteils angeordnet ist. Aufgrund der beispielsweise in einer Werkzeugmaschine begrenzten Einbauverhältnisse und der Realisierung von hohen Vorschubkräften sind die darin eingesetzten Linearmotoren im Allgemeinen bereits in ihrer Leistungsfähigkeit hoch ausgenutzt. Dies führt dazu, dass mit bekannten Linearmotoren nur begrenzt hohe Vorschubkräfte aufgrund einer begrenzten Linearkraft realisiert werden können.

Aufgabenstellung

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Maschine der eingangs genannten Art anzugeben, mit der höhere Vorschubkräfte durch den als linearen Aktuator ausgebildeten Maschinenteil erzielbar sind.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine elektrische Maschine gemäß Patentanspruch 1.

[0008] Die elektrische Maschine gemäß der Erfindung umfasst einen ersten Maschinenteil, der ein Statorelement und ein Rotorelement umfasst und der als rotatorischer Aktuator in Wechselwirkung mit einer rotatorischen Bewegung des Rotorelements ausgebildet ist, sowie einen zweiten Maschinenteil, der ein Primärteil und ein Sekundärteil umfasst und der als linearer Aktuator in Wechselwirkung mit einer linearen Bewegung des Sekundärteils ausgebildet ist. Das Rotorelement des ersten Maschinenteils und das Sekundärteil des zweiten Maschinenteils sind miteinander verbunden. Das Sekundärteil des zweiten Maschinenteils ist rotierend bewegbar und als Außenläufer ausgebildet. Erfindungsgemäß weist das Sekundärteil des zweiten Maschinenteils ein zentral angeordnetes, zapfenartiges oder rohrartiges Element oder eine Bohrung in axialer Erstreckung auf, mit dem/der das Sekundärteil gegenüber dem Primärteil in radialer Richtung gelagert ist.

[0009] Mit einem Sekundärteil des zweiten Maschinenteils, das als Außenläufer ausgebildet ist, lässt sich eine höhere Kraft eines als Linearmotor wirkenden zweiten Maschinenteils realisieren, da es ermöglicht ist, ohne Vergrößerung der Außenabmessungen der elektrischen Maschine die Luftspaltfläche des Linearmotors zu vergrößern. Dies kann dadurch erreicht werden, dass im Primärteil des zweiten Maschinenteils die elektrischen Wicklungen untergebracht werden können, die das Hauptfeld erzeugen,

wohingegen im Sekundärteil des zweiten Maschinenteils Permanentmagneten zur Erzeugung des Erregfeldes untergebracht werden. Da das Primärteil im Inneren des zweiten Maschinenteils vorgesehen ist, während das Sekundärteil als Außenläufer, vorzugsweise als dünner Hohlzylinder, ausgebildet ist, lassen sich größere Außenabmessungen des Primärteils erzielen, so dass durch einen größeren Durchmesser des Primärteils auch eine größere Luftspaltfläche geschaffen werden kann. Durch eine derartige Anordnung ergeben sich im Betrieb der Maschine höhere magnetische Antriebskräfte auf das Sekundärteil, so dass die Kraft des Linearantriebs erhöht werden kann. Ein weiterer Vorteil der Außenläuferanordnung liegt darin, dass die elektrischen Wicklungen technisch einfacher auf das Primärteil aufbringbar sind, da die elektrischen Leiter von außen auf das Primärteil aufgewickelt werden können.

[0010] Für den Fall, dass das Primärteil als Hohlzylinder ausgebildet ist und einen Hohlraum einschließt, ragt das zapfenartige oder rohrartige Element in axialer Erstreckung in den Hohlraum des Primärteils und ist in dieser Position gegenüber dem Primärteil gelagert. Beispielsweise ist das zapfenartige oder rohrartige Element an einer Stirnseite des Sekundärteils des zweiten Maschinenteils, an welcher das Sekundärteil mit dem Rotorelement des ersten Maschinenteils verbunden ist, an das Sekundärteil angebunden. Mit einer derartigen Anordnung ist es ermöglicht, eine Lagerung mit Hilfe des zapfenartigen oder rohrartigen Elements im Hohlraum des Primärteils vorzunehmen, so dass eine technisch im allgemeinen nur schwer realisierbare Lagerung des Sekundärteils direkt auf dem Außendurchmesser des Primärteils nicht notwendig ist. Zur Lagerung an dem Primärteil kann das Sekundärteil auch eine Bohrung und das Primärteil einen entsprechenden Zapfen oder dergleichen aufweisen.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist das Primärteil des zweiten Maschinenteils einen größeren Außendurchmesser auf, als das Rotorelement des ersten Maschinenteils. Damit ist es ermöglicht, den ersten Maschinenteil als rotatorischen Aktuator in herkömmlicher Art mit einem außen feststehenden Statorelement und einem als Innenläufer ausgebildeten Rotorelement vorzusehen, wobei das Rotorelement mit dem als Außenläufer ausgebildeten Sekundärteil des linearen Aktuators verbunden ist.

[0012] Das zapfenartige oder rohrartige Element ist gegenüber dem Primärteil beispielsweise mittels eines Gleitlagers oder eines Kugellagers gelagert. In einer anderen Ausführungsform ist das zapfenartige oder rohrartige Element gegenüber dem Primärteil mittels eines Zylinderrollenlagers gelagert, welches insbesondere dann von Vorteil ist, wenn hohe Drehzahlen aber nur geringe Axialgeschwindigkeiten der

elektrischen Maschine erreicht werden sollen.

[0013] In einer Weiterbildung der Erfindung ist zur Abdichtung des Lagers gegen eindringende Fremdstoffe zwischen dem zapfenartigen oder rohrartigen Element und dem Primärteil eine Spaltdichtung vorgesehen. Eine derartige Spaltdichtung ist beispielsweise in einer oder mehreren Stufen aufgebaut, wobei in der mehrstufigen Ausführung in axialer Richtung der Maschine mehrere Dichtungen, insbesondere zu beiden Seiten des Lagers, jeweils zwischen dem zapfenartigen oder rohrartigen Element und dem Primärteil vorgesehen sind.

[0014] Aufgrund der etwa in einer Werkzeugmaschine begrenzten Einbauverhältnisse und der hohen Leistungsdichte eines Linearmotors ist der Einbau einer Kühlvorrichtung in das Primärteil des zweiten Maschinenteils von Vorteil. Insbesondere sind Führungen zur Durchleitung eines flüssigen Kühlmediums vorgesehen, beispielsweise zur Durchleitung von Kühlwasser, die in einem Innenraum des Primärteils angeordnet sind. Dies lässt sich einfach realisieren, indem in einem Innenbereich des Primärteils Längsbohrungen vorgesehen sind, die sich in axialer Richtung des Primärteils erstrecken, um Wärme axial aus dem Primärteil abzuführen. Solche Längsbohrungen sind vorteilhaft an den Stirnseiten des Primärteils mäanderförmig miteinander verbunden.

[0015] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung umfasst die Kühlvorrichtung so genannte Heatpipes, die im Innenbereich des Primärteils angeordnet sind, um Wärme axial aus dem Primärteil abzuführen. Eine Heatpipe ist eine Vorrichtung in Form eines Wärmerohrs, das im Allgemeinen schon bei geringen Temperaturunterschieden zwischen den Enden des in sich geschlossenen Wärmerohrs relativ große Wärmemengen leitet. Heatpipes sind beispielsweise Teil evakuierter Rohre, deren Innenwänden mit einer porösen Schicht mit Kapillarstruktur ausgekleidet sind. Diese Schicht ist mit einer niedrig siedenden Flüssigkeit getränkt. Am wärmeren Rohrende verdampft die Flüssigkeit und nimmt dabei Verdampfungswärme auf, wobei sie am kühleren Ende kondensiert und die Verdampfungswärme abgibt. Durch die Kapillarwirkung der Innenwandung fließt das Kondensat wieder zum wärmeren Rohrende zurück.

[0016] Des Weiteren sind so genannte Cooljets geeignet, um Wärme axial aus dem Primärteil abzuführen. Es handelt sich hierbei um Sacklochbohrungen, die in dem Innenbereich des Primärteils angeordnet sind und die jeweils eine Rohranordnung beinhalten, mit der ein flüssiges Kühlmedium in die jeweilige Sacklochbohrung einführbar und aus der jeweiligen Sacklochbohrung ausführbar ist, um Wärme axial aus dem Primärteil abzuführen.

[0017] Weitere vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiel

[0018] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Figur näher erläutert. Die Figur zeigt hierbei eine vorteilhafte Ausführungsform einer elektrischen Maschine gemäß der Erfindung.

[0019] In der Figur ist eine Ausführungsform einer elektrischen Maschine zur Realisierung eines kombinierten Rotations- und Linearantriebs dargestellt. Die elektrische Maschine **40** weist einen ersten Maschinenteil **30** auf, der in einem Ständer ein Statorelement **31** mit einer in der Figur nicht näher dargestellten Statorwicklung aufweist. Der Ständer des Maschinenteils **30** ist als Hohlzylinder ausgebildet, wobei im Innenraum des Hohlzylinders ein mit einer Welle verbundenes Rotorelement **32** angeordnet ist, welches rotierend bewegbar ist. Die Ständerwicklung des Statorelements **31** erzeugt beispielsweise das Hauptfeld des Maschinenteils **30**, während eine Erregerwicklung oder alternativ Permanentmagneten auf dem Rotorelement angeordnet sind, die zur Erzeugung des Erregerfeldes dienen. Der Maschinenteil **30** wirkt somit allgemein als rotatorischer Aktuator in Wechselwirkung mit einer rotatorischen Bewegung des Rotorelements **32**. Im motorischen Betrieb wird das Rotorelement **32** mit der daran befestigten Welle durch das Statorfeld in Bewegung versetzt, wohingegen im generatorischen Betrieb durch die Bewegung des Rotorelements **32** ein elektrischer Strom in der Ständerwicklung des Statorelements **31** erzeugt wird.

[0020] Die elektrische Maschine **40** gemäß der Figur weist des Weiteren einen zweiten Maschinenteil **20** auf, der im Unterschied zum Maschinenteil **30** als linearer Aktuator in Wechselwirkung mit einer linearen Bewegung eines Sekundärteils ausgebildet ist. Der Maschinenteil **20** umfasst ein zylindrisches Primärteil **1**, auf das elektrische Wicklungen **12** in einzelnen Nuten des Primärteils **1** aufgebracht sind. Es handelt sich hierbei um einzelne Phasen, die mit einem elektrischen Versorgungsnetz verbunden werden und die mit unterschiedlichen sinusähnlichen Stromverlaufskurven bestromt werden. Auf diese Art wird ein Wanderfeld in axialer Richtung der elektrischen Maschine **40** aufgebaut. Der Maschinenteil **20** umfasst des Weiteren ein Sekundärteil **2**, welches rotierend bewegbar und als Außenläufer ausgebildet ist. Das Sekundärteil **2** ist in Form eines in axialer Richtung offenen Hohlzylinders ausgebildet und ist über das Verbindungselement **11** mit dem Rotorelement **32** des Maschinenteils **30** verbunden. An der Innenseite des Sekundärteils **2** sind mehrere Permanentmagneten **13** angeordnet, die zum Aufbau eines

Erregerfeldes dienen. Der Maschinenteil **20** wirkt somit als linearer Aktuator in Wechselwirkung mit einer linearen Bewegung des Sekundärteils **2**. Im motorischen Betrieb wird das Sekundärteil **2** infolge des Wanderfeldes, welches durch die Wicklungen **12** des Primärteils **1** erzeugt wird, in axialer Richtung der elektrischen Maschine **40** bewegt, wohingegen im generatorischen Betrieb durch lineare Bewegung des Sekundärteils **2** in axialer Richtung in den elektrischen Wicklungen **12** des Primärteils **1** eine Spannung bzw. ein Strom erzeugt wird.

[0021] Das Sekundärteil **2** des Maschinenteils **20** weist in vorliegender Ausführungsform ein zentral angeordnetes, zapfenartiges Element **7** auf, das sich in axialer Richtung der elektrischen Maschine **40** erstreckt. Das zapfenartige Element **7** erstreckt sich in axialer Richtung in einen Hohlraum **8** des Primärteils **1** und ist im Hohlraum **8** des Primärteils gegenüber diesem mittels eines Lagers **9** in radialer Richtung gelagert. Das zapfenartige Element **7** ist hierbei über das Verbindungselement **11**, das sich an einer Stirnseite des Sekundärteils **2** befindet, an den Außenbereich des Sekundärteils **2** angebunden. Damit steht das zapfenartige Element **7** in axialer Flucht zu dem Rotorelement **32** des Maschinenteils **30**.

[0022] Je nach Anforderung im Einzelfall kann das Lager **9** als Gleitlager mit hydrostatischer Lagerung, als Kugellager oder als Zylinderrollenlager ausgeführt werden. Die letztere Ausführungsform ist insbesondere dann von Vorteil, wenn hohe Drehzahlen jedoch nur geringe Axialgeschwindigkeiten der elektrischen Maschine erreicht werden sollen. Die Gegenseite der Lagerung befindet sich an der Innenwandung des Primärteils **1**, die dem Hohlraum **8** zugewandt ist, und ist damit über das Primärteil **1** fest mit dem Gehäuse **3** der elektrischen Maschine **40** verbunden. Eine derartige Lagerung eines zapfenartigen Elements im Innenraum des Primärteils **1** ist gegenüber einer Lagerung direkt auf dem Außendurchmesser des Primärteils **1** aus technischer Sicht zu bevorzugen, da letzteres technisch nicht oder nur schwer möglich ist.

[0023] Zur Abdichtung des Lagers **9** gegen eindringende Fremdstoffe oder austretendes Fett ist zwischen dem zapfenartigen Element **7** und dem Primärteil **1** eine Spaltdichtung **10** vorgesehen. Diese ist aus technischer Sicht vorteilhaft, da, bedingt durch die axiale Bewegung des Sekundärteils **2** mit dem zapfenartigen Element **7**, bekannte berührende Dichtungssysteme versagen. Die Spaltdichtung **10** ist vorteilhaft in mehreren Stufen aufgebaut, wobei in axialer Richtung der elektrischen Maschine **40** mehrere Dichtungen **10** jeweils zwischen dem zapfenartigen Element **7** und dem Primärteil **1** vorgesehen sind, die vorliegend zu beiden Seiten des Lagers **9** angeordnet sind.

[0024] Das Primärteil **1** ist ringförmig mit einem Deckel **15** verbunden, der seinerseits an das Gehäuse **3** angebunden ist. Somit ist das Primärteil **1** ringförmig über den Deckel **15** mit dem Gehäuse **3** verbunden. Demzufolge kann eine abzuführende Wärme aus dem Primärteil **1** nur über diese ringförmige Fläche zwischen Primärteil **1** und Deckel **15** erfolgen. Dadurch lässt sich ein nur vergleichsweise geringer Wärmestrom aus dem Primärteil **1** erzielen, so dass insgesamt nur vergleichsweise geringe Leistungen des Linearantriebs ermöglicht sind. Aus diesem Grund weist das Primärteil **1** des Maschinenteils **20** eine Kühlvorrichtung auf, die in vorliegender Ausführungsform Längsbohrungen **4** umfasst, die in einem Innenbereich des Primärteils **1** in axialer Richtung angeordnet sind, um entstehende Abwärme über eine Kühlflüssigkeit in Form von Wasser axial aus dem Primärteil **1** abzuführen. Diese Längsbohrungen **4** sind auf den Stirnseiten **5** und **6** des Primärteils **1** mäanderförmig miteinander verbunden. Gemäß einer anderen Ausführungsform sind auch Heatpipes geeignet, die entstehende Abwärme axial aus dem Primärteil **1** herauszuleiten und über einen Kühlkörper am Deckel **15** an die Umgebung abzugeben. Hierbei können die Heatpipes in ähnlicher Anordnung wie die Längsbohrungen **4** im Innenbereich des Primärteils **1** vorgesehen werden.

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden als Kühlvorrichtung Sacklochbohrungen vorgesehen, so genannte Cooljets, die in einem Innenbereich des Primärteils angeordnet sind und die jeweils eine Rohranordnung beinhalten, mit der ein flüssiges Kühlmedium in die jeweilige Sacklochbohrung einführbar und aus der jeweiligen Sacklochbohrung ausführbar ist, um Wärme axial aus dem Primärteil **1** abzuführen. In eine solche Sacklochbohrung strömt Kühlwasser hinein und tritt erwärmt aus der Sacklochbohrung heraus.

[0026] Mit einer derartigen Kühlvorrichtung im Innenbereich des Primärteils **1** lässt sich in Kombination mit dem zapfenartigen Element **7** und dessen Lagerung im Hohlraum **8** der weitere Vorteil erzielen, dass sich die Lagerung **9** stets in einem gut gekühlten Bereich befindet, da das Lager durch die Kühlvorrichtung im Primärteil von der Wärmebelastung der Wicklung **12** abgekoppelt ist. Des Weiteren profitiert auch der im Hohlraum **8** angeordnete Geber **14** von der geringeren thermischen Belastung im Hohlraum **8**, da dieser ebenfalls mittels der Kühlvorrichtung von der Wärmebelastung der Wicklung **12** im Primärteil **1** abgekoppelt ist. Der Geber **14** hat dabei die Funktion, die axiale Position des Sekundärteils **2** zu erfassen.

[0027] Aufgrund des größeren Außendurchmessers des Primärteils **1** gegenüber dem Außendurchmesser des Rotorelements **32** des Maschinenteils **30** ist eine größere Luftspaltfläche zwischen Primärteil **1** und Sekundärteil **2** erzielbar, so dass die mit dem Li-

nearantrieb erzielbare Kraft gegenüber einer Anordnung eines Sekundärteils als Innenläufer deutlich erhöht werden kann. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass die Wicklungen **12** des Primärteils **1** von außen vergleichsweise einfach aufgebracht werden können, was sich kostengünstig auf die Herstellung der elektrischen Maschine auswirkt.

[0028] Die elektrische Maschine **40** gemäß der Erfindung ist besonders vorteilhaft in einer Walzenantriebsvorrichtung einsetzbar, die beispielsweise in einer Druckmaschine enthalten ist. Die elektrische Maschine **40** dient in diesem Zusammenhang beispielsweise als motorische Antriebseinrichtung zum Antrieb einer rotierend und linear zu bewegendes Walze der Druckmaschine. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird die elektrische Maschine gemäß der Erfindung in einer Werkzeugantriebsvorrichtung eingesetzt, um als motorische Antriebseinrichtung ein rotierend und linear zu bewegendes Werkzeug einer Werkzeugmaschine anzutreiben.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine

- mit einem ersten Maschinenteil (**30**), der ein Stator-element (**31**) und ein Rotorelement (**32**) umfasst und der als rotatorischer Aktuator in Wechselwirkung mit einer rotatorischen Bewegung des Rotorelements (**32**) ausgebildet ist,
- mit einem zweiten Maschinenteil (**20**), der ein Primärteil (**1**) und ein Sekundärteil (**2**) umfasst und der als linearer Aktuator in Wechselwirkung mit einer linearen Bewegung des Sekundärteils (**2**) ausgebildet ist,
- bei der das Rotorelement (**32**) des ersten Maschinenteils (**30**) und das Sekundärteil (**2**) des zweiten Maschinenteils (**20**) miteinander verbunden sind,
- bei der das Sekundärteil (**2**) des zweiten Maschinenteils (**20**) rotierend bewegbar und als Außenläufer ausgebildet ist, wobei
- das Sekundärteil (**2**) des zweiten Maschinenteils (**20**) ein zentral angeordnetes, zapfenartiges oder rohrartiges Element (**7**) oder eine Bohrung in axialer Erstreckung aufweist, mit dem/der das Sekundärteil (**2**) gegenüber dem Primärteil (**1**) in radialer Richtung gelagert ist.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei das Primärteil (**1**) des zweiten Maschinenteils (**20**) einen Außendurchmesser aufweist, der größer ist, als ein Außendurchmesser des Rotorelements (**32**) des ersten Maschinenteils (**30**).

- ### 3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei
- das Primärteil (**1**) des zweiten Maschinenteils (**20**) einen Hohlraum (**8**) einschließt,
 - das zapfenartige oder rohrartige Element (**7**) in axi-

aler Erstreckung in den Hohlraum (8) des Primärteils (1) ragt,

– das zapfenartige oder rohrartige Element (7) im Hohlraum (8) des Primärteils gegenüber dem Primärteil (1) gelagert ist.

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei das zapfenartige oder rohrartige Element (7) an einer Stirnseite (11) des Sekundärteils (2) des zweiten Maschinenteils (20), an welcher das Sekundärteil (2) mit dem Rotorelement (32) des ersten Maschinenteils (30) verbunden ist, an das Sekundärteil (2) angebunden ist.

5. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das zapfenartige oder rohrartige Element (7) gegenüber dem Primärteil (1) mittels eines Gleitlagers (9) oder eines Kugellagers (9) gelagert ist.

6. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das zapfenartige oder rohrartige Element (7) gegenüber dem Primärteil (1) mittels eines Zylinderrollenlagers (9) gelagert ist.

7. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zur Abdichtung des Lagers (9) gegen eindringende Fremdstoffe zwischen dem zapfenartigen oder rohrartigen Element (7) und dem Primärteil (1) eine Spaltdichtung (10) vorgesehen ist.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, wobei in axialer Richtung der Maschine (40) mehrere Dichtungen (10), insbesondere zu beiden Seiten des Lagers (9), jeweils zwischen dem zapfenartigen oder rohrartigen Element (7) und dem Primärteil (1) vorgesehen sind.

9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Primärteil (1) des zweiten Maschinenteils (20) eine Kühlvorrichtung (4) aufweist.

10. Elektrische Maschine nach Anspruch 9, wobei die Kühlvorrichtung Führungen (4) zur Durchleitung eines flüssigen Kühlmediums umfasst, die in einem Innenbereich des Primärteils (1) angeordnet sind.

11. Elektrische Maschine nach Anspruch 10, wobei die Kühlvorrichtung Längsbohrungen (4) umfasst, die in einem Innenbereich des Primärteils (1) in axialer Richtung des Primärteils angeordnet sind, um Wärme axial aus dem Primärteil (1) abzuführen.

12. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, wobei die Längsbohrungen (4) an Stirnseiten (5, 6) des Primärteils (1) mäanderförmig miteinander verbunden sind.

13. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei die Kühlvorrichtung Heatpipes (4) umfasst, die in einem Innenbereich des Primärteils (1) angeordnet sind, um Wärme axial aus dem Primärteil (1) abzuführen.

14. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Kühlvorrichtung Sacklochbohrungen umfasst, die in einem Innenbereich des Primärteils (1) angeordnet sind und die jeweils eine Rohranordnung beinhalten, mit der ein flüssiges Kühlmedium in die jeweilige Sacklochbohrung einführbar und aus der jeweiligen Sacklochbohrung ausführbar ist, um Wärme axial aus dem Primärteil (1) abzuführen.

15. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Primärteil (1) des zweiten Maschinenteils (20) an eine Stirnseite einer Gehäuseanordnung (3, 15) der elektrischen Maschine (40) ringförmig angebunden ist, wobei die Gehäuseanordnung (3) den ersten und zweiten Maschinenteil (20, 30) einschließt.

16. Verwendung einer elektrischen Maschine (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einer Walzenantriebsvorrichtung, insbesondere einer Druckmaschine, bei der die elektrische Maschine (40) als motorische Antriebseinrichtung zum Antrieb einer rotierend und linear zu bewegenden Walze ausgebildet ist.

17. Verwendung einer elektrischen Maschine (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 in einer Werkzeugantriebsvorrichtung, bei der die elektrische Maschine (40) als motorische Antriebseinrichtung zum Antrieb eines rotierend und linear zu bewegenden Werkzeugs einer Werkzeugmaschine ausgebildet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

