



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑰ Gesuchsnummer: 5743/81

⑲ Anmeldungsdatum: 07.09.1981

⑳ Priorität(en): 08.09.1980 US 185345

㉔ Patent erteilt: 30.05.1986

㉕ Patentschrift veröffentlicht: 30.05.1986

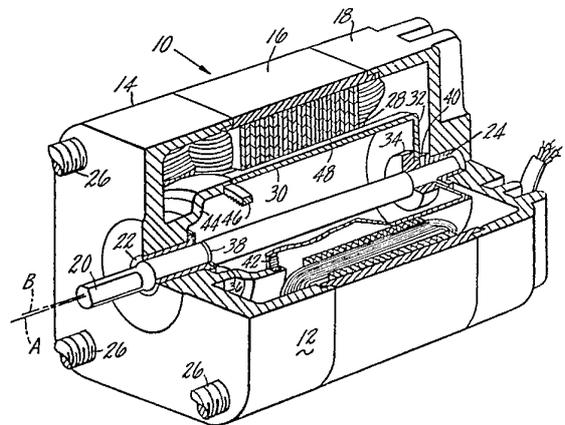
㉗ Inhaber:  
USM Corporation, Farmington/CT (US)

㉘ Erfinder:  
Carlson, John Howard, Danvers/MA (US)

㉙ Vertreter:  
Hepatex-Ryffel AG, Zürich

⑤④ **Schrittmotor.**

⑤⑦ Der Schrittmotor besitzt ein Gehäuse (14, 16, 18), in welchem ein starrer, rohrförmiger Zylinder (30) vorgesehen ist, der in einem Stator (28) angeordnet ist. Der Stator (28) weist eine Anordnung von Zähnen eines Zahnrades (46) in der Nähe eines seiner Enden an einem Gehäuseteil (14) auf. Der Zylinder (30) weist an einem Ende eine Anordnung von Zähnen eines Zahnrades (42) auf. Ausserdem besitzt er eine federnde Platte (32) an seinem anderen Ende. Die federnde Platte (32) ist fest mit einer Ausgangswelle (20) verbunden. Die Drehachse des Zylinders (30) ist in Bezug auf die Drehachse der Ausgangswelle (20) während der Motorerrregung, wenn der Zylinder (30) vom Stator (28) magnetisch angezogen wird, geringfügig schräg angeordnet. Der Stator (28) besitzt eine Mehrzahl von gleiche Winkel zueinander aufweisenden, abstandeten Spulen, deren sequentielle Erregung bewirkt, dass die Zähne (42) des Zylinders (30) mit dem Zahnrad (46) des Stators (28) am Umfang sequentiell in Eingriff kommen. Dadurch werden eine Kreisbewegung des Zylinders (30) in dem Stator (28) und eine Drehung der Ausgangswelle (20) bewirkt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Schrittmotor, bei dem ein Motorgehäuse eine erste und eine zweite Endkappe aufweist, bei dem ein Stator erregbare Pole enthält, die um eine im wesentlichen zylindrische Fläche herum voneinander beabstandet sind, wobei die Fläche ein im wesentlichen axial angeordnetes Loch in dem Gehäuse bildet, und bei dem ein Ausgangsteil vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein starrer Zylinder (30) an einem Ende einen flexiblen Träger (32) aufweist, dass ein erstes Zahnrad (42) an dem anderen Ende des Zylinders (30) angeordnet ist, dass ein zweites Zahnrad (46), das in einer der Endkappen (14, 18) des Gehäuses (12) in der Nähe des ersten Zahnrades (42) gehalten ist, vorgesehen ist, und dass die selektive Erregung der Pole ein selektives Eingreifen des ersten Zahnrades (42) und des zweiten Zahnrades (46) zur Erzeugung einer Bewegung des Zylinders (30) auf einer Kreisbahn und einer Drehbewegung des Ausgangsteils (20, 52) bewirkt.

2. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Zahnrad (46) durch einen ringförmigen Flansch (44, 54) in bezug auf eine der Endkappen (14, 18) angeordnet ist.

3. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangsteil (20, 52) eine in wenigstens einer der Endkappen (14, 18) gelagerte Welle ist.

4. Schrittmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangswelle (20) mit dem flexiblen Träger (32) verbunden ist.

5. Schrittmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangswelle (52) mit dem zweiten Zahnrad (46) verbunden ist.

6. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich das erste Zahnrad (42) am Aussenumfang des Zylinders (30) befindet und dass sich das zweite Zahnrad (46) am inneren Umfang des ringförmigen Flansches (44, 54) befindet.

7. Schrittmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der starre Zylinder (30) eine Drehachse aufweist, die in bezug auf die Drehachse der Ausgangswelle (20, 52) während der Erregung der Pole in dem Stator (28) schräg angeordnet ist.

8. Schrittmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse des starren Zylinders (30) einen Präzessionskegel beschreibt, wenn der starre Zylinder (30) sich auf einer Kreisbahn um die Ausgangswelle (20, 52) bewegt.

9. Schrittmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Umfangsfläche des Statorloches in bezug auf die Drehachse der Ausgangswelle (20, 52) einen Winkel aufweist.

10. Schrittmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne auf dem ringförmigen Flansch (44, 54) unter einem geringfügigen Winkel in bezug auf die Drehachse der Ausgangswelle (20, 52) angeordnet ist.

11. Schrittmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der starre Zylinder (30) seine zylindrische Form behält, wenn er um die Ausgangswelle (20, 52) kreist.

12. Schrittmotor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Zahnrad (46) auf dem ringförmigen Flansch (44, 54) auswechselbar ist.

13. Schrittmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der flexible Träger (32) an einem Ende des Zylinders (30) eine über das Ende angeordnete federnde Platte aufweist.

14. Verfahren zum Betrieb des Schrittmotors nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass selektive Polpaare fortschreitend erregt werden, dass selektive Polpaare fortschreitend entregt werden, dass beide Polsätze zum Kontaktpunkt der Zahnradanordnung (42, 46) benachbart sind und dadurch bewirkt wird, dass sich der Zylinder (30) auf einer Kreisbahn bewegt und dass sich die Ausgangswelle (20, 52) dreht.

ten Schrittmotor und insbesondere einen Schrittmotor mit einem in bezug auf die Ausgangswelle einen Winkel aufweisenden Rotor.

In der DE-OS 3 037 758 ist ein Biege- oder Spannungswellengenerator dargestellt, der zwei oder drei Ausbeulungen als Teile eines eine Bewegung übertragenden Mechanismus aufweist. Der Wellengenerator wirkt auf ein flexibles ausbiegbares Zahnrad, das bei einer bevorzugten Ausführungsform eine Drehkraft auf eine Ausgangswelle überträgt. Eine Bewegungsübertragung bei Motoren ist auch in der US-PS 3 331 974 beschrieben, gemäss der ein auslenkbarer Rotor mit Keilnutenzähnen in der Nähe eines Endes des Rotors an einer kreisförmigen Keilnut angreift, die in zwei diametrisch gegenüberliegenden Bereichen angeordnet ist, um dazwischen eine Drehbewegung zu bewirken. Der Rotor verwendet jedoch einen in ihm gewundenen magnetischen Stellstab und es wird eine radiale Auslenkspannung in dem Rotor induziert, wobei diese Spannung die Anzahl der Schritte pro Umdrehung der Ausgangswelle begrenzt.

In der US-PS 3 456 139, der US-PS 3 492 151, der US-PS 3 644 764 und der US-PS 3 894 255 sind weitere Schrittmotoren beschrieben, die einen Rotor mit einer einzigen Ausbeulung verwenden. Bei diesen Patentschriften wird auch ein Universalgelenk verwendet, mit dessen Hilfe ein Nutationszahnrad oder ein trommelähnlicher Rotor an einer Ausgangswelle befestigt sind. Diese Art der Verbindung ist jedoch einer Abnutzung bzw. einem Abrieb unterworfen und kann frühzeitig brechen. In der US-PS 3 456 139 ist eine doppelte Trommel zur Ausführung einer Taumelbewegung beschrieben, die um ein Universalgelenk angeordnet ist, das ein sinusförmiges Abnutzungsmuster erhält. In der US-PS 3 492 515 ist eine durch eine Feder vorgespannte Zahnscheibe auf einem kugeligen Teil angeordnet. In der US-PS 3 644 764 ist eine Zahnscheibe mit zwei Sätzen von einander zugeordneten Zahnradzähnen auf einem Universalgelenk an einer Ausgangswelle angeordnet. Die US-PS 3 894 255 zeigt einen Motor mit einer einzigen Ausbeulung mit einem trommelähnlichen Rotor, der in der Nähe eines Endes an ein Universalgelenk angepasst ist und bei dem eine verlängerte Welle an ein Zahnrad mit einer Spitze angepasst ist, das sich um eine ähnliche stationäre Spitze in einer glockenförmigen Endöffnung dreht. Diese Anordnung ist bezüglich ihrer Träger- und Antriebsfunktionen im Hinblick auf die Lösung der gestellten Aufgabe kompliziert.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Schrittmotor anzugeben, der weniger kompliziert aufgebaut ist als bekannte Schrittmotoren.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Schrittmotor anzugeben, bei dem innere und äussere Zahnräder mit unterschiedlichen Anzahlen von Zähnen leicht zusammengesetzt werden können, um eine Vielzahl von Übersetzungsverhältnissen zu schaffen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Schrittmotor für einen harmonischen Antrieb anzugeben, bei dem die radiale Auslenkungsspannung in dem Rotor eliminiert ist.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Schrittmotor anzugeben, der einen an einer Ausgangswelle durch ein auslenkbares Stützteil oder eine federnde Platte befestigten Rotor aufweist, der bekannte Schrittmotoren im Hinblick auf die Wirksamkeit, den Betriebsbereich und die Wirtschaftlichkeit übertrifft.

Der erfindungsgemässe Schrittmotor ist im Patentanspruch 1 definiert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. In diesen zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemässen Schrittmotors mit einem sich auf einer Kreisbahn bewegendem Rotor oder Zylinder und

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

Die Fig. 1 zeigt einen Schrittmotor 10 mit einem Gehäuse 12, das eine erste Endkappe 14, ein Gehäusezwischenstück 16 und eine zweite Endkappe 18 aufweist. Eine Ausgangswelle 20 ist in einem ersten buchsenförmigen Lager 22 in der ersten Endkappe 14 und in einem zweiten buchsenförmigen Lager 24 in der zweiten Endkappe 18 gelagert, wobei die Lager 22 und 24 in axialer Richtung voneinander beabstandet sind. Die Endkappen 14 und 18 können durch eine Mehrzahl von Bolzen 26 in axialer Richtung an dem Zwischenstück 16 festgeklemmt sein, wobei das Zwischenstück 16 einen geschichteten Stator 28 umgibt. Ein starrer, im allgemeinen zylinderförmiger magnetisch permeabler Rotor oder Zylinder 30 ist innerhalb des Stators 28 angeordnet und an der Ausgangswelle 20 durch ein flexibles Stützteil befestigt, das eine Anordnung von Speichen aufweisen kann, bei dem es sich vorzugsweise aber um eine federnde Platte 32 handelt. Ein Flansch 34 ist mit der Welle 20 einstückig ausgebildet und ist an dem radialen inneren Teil des flexiblen Stützteils oder der federnden Platte 32 befestigt, um eine Beziehung zwischen der Platte und der Welle zu erleichtern. Ein Sicherungsring 36, der in einer Nut 38 auf der Welle 20 sitzt, grenzt an das erste Lager 22 an, um irgendeine Relativbewegung der Welle 20 in eine Richtung nach aussen zu verhindern. Ein Flansch 40 in dem zweiten Lager 24 verhindert eine relative Axialbewegung der Welle 20 in der entgegengesetzten Richtung.

Der starre Zylinder 30 weist ein erstes Zahnrad oder ein erstes äusseres Keilnutenzahnrad 42 auf, das am Umfang im allgemeinen in der Nähe des Endes des Zylinders 30 angeordnet ist, das dem Stützteil oder der federnden Platte 32 gegenüberliegt. Die erste Endkappe kann einen ringähnlichen ringförmigen Flansch 44 aufweisen, der koaxial zur Ausgangswelle 20 angeordnet ist, die eine Drehachse A aufweist, wie dies in der Fig. 1 dargestellt ist. Ein zweites kreisförmiges Keilnutenzahnrad oder inneres Keilnutenzahnrad 46 kann in der Nähe des distalen Umfangs des ringförmigen Flansches 44 an dessen innerem Ende vorgesehen sein.

Der Stator 28 weist ein sich durch ihn erstreckendes Loch oder eine Bohrung 48 auf, in der der Rotor 30 enthalten ist. Die Bohrung 48 kann einen Durchmesser aufweisen, der in radialer Richtung in der Nähe der Keilnutenzahnräder 42 und 46 geringfügig grösser ist. Die Bohrung 48 verjüngt sich in radialer Richtung geringfügig nach innen in Richtung auf die federnde Platte 32. Der Rotor 30 kann reziprok dimensioniert sein, d.h. der Durchmesser des Rotors kann am distalen Ende in der Nähe des ersten Zahnrades 42 kleiner sein als der Durchmesser des Rotors 30 an der Platte 32. Die Zähne des kreisförmigen Keilnutenzahnrades 46 können unter einem Winkel geschnitten sein, der der Verjüngung der Bohrung in dem Stator 28 entspricht. Das heisst, dass bei einer Ausführungsform das innere Keilnutenzahnrad 46 in der Nähe des distalen Umfangs des ringförmigen Flansches 44 einen kleineren Durchmesser aufweisen kann als der Bereich des Keilnutenzahnrades 46 in der Nähe des dem ringförmigen Flansch 44 nahen Endes, um irgendeine Asymmetrie des Rotors während des Betriebs zu kompensieren.

Der Stator 28 kann eine Mehrzahl von Schichten aufweisen, die nebeneinander angeordnet sind und in einer herkömmlichen Weise zur Bewirkung einer Isolation beschichtet sind. Bei den Schichten kann es sich um identisch ausgestanzte Teile handeln, die gleichmässig beabstandete, innen angeordnete Kerne mit bogenförmigen Polflächen aufweisen, und die gestapelt und dann maschinell so bearbeitet werden, dass sich die oben bereits erwähnte geringfügig konische Bohrung 48 ergibt. Der Stator 28 weist eine Feldwicklung auf, die sequentiell durch einen nicht dargestellten Mitnehmer erregt werden, um zu ermöglichen, dass in Umfangsrichtung benachbarte Pole den Rotor oder Zylinder 30 reihenweise anziehen, um eine Bewegung des Rotors zu bewirken. Das heisst, wenn ein oder mehrere Paare von benachbarten Polen des Stators 28 erregt ist bzw. sind, weist der

starre Rotor oder Zylinder 30 eine Längsachse B auf, die während der Erregung verschoben oder schräg angeordnet ist, um das Eingreifen entsprechender Zähne des inneren und äusseren Keilnutenzahnrades 46 und 42 zu bewirken. Die federnde Platte 32, die den Rotor 30 an der Ausgangswelle 20 festhält, biegt sich dementsprechend, um sich an die Verschiebung der Welle B des Rotors oder Zylinders 30 aus einer Lage, in der sie mit der Achse A der Ausgangswelle 20 koinzidiert, in eine geringfügig schräge Lage während der Erregung des Motors 10 anzupassen. Die Platte kann mit dem Rotor oder Zylinder 30 einstückig ausgebildet sein, wie dies in der Fig. 1 dargestellt ist. Sie kann aber auch unabhängig vom Rotor 30 hergestellt sein und an radial benachbarten Umfangsflanschen (nicht dargestellt) verschweisst sein.

Durch eine geeignete fortschreitende Erregung der fortschreitenden in Umfangsrichtung benachbarten Polpaare des Stators 28 und durch eine Entregung der hinteren Polpaare wird bewirkt, dass der Rotor oder Zylinder 30 sich in der Bohrung 48 auf einer Kreisbahn bewegt, wobei die Drehachse B des Rotors oder Zylinders 30 einen Präzessionskegel bestimmt.

An dem äusseren Keilnutenzahnrad 42 sind weniger Zähne vorhanden als an dem inneren stationären Keilnutenzahnrad 46, so dass sich die Drehposition der Ausgangswelle 20 für jede Kreisbahn oder Umdrehung des Rotors oder Zylinders 30 um einen Betrag verschiebt, der gleich der Differenz der Anzahl der Zähne zwischen dem inneren Keilnutenzahnrad 46 und dem äusseren Keilnutenzahnrad 42 ist. Durch die Ausnutzung der Fähigkeit der vorliegenden Erfindung, gemäss der aufeinanderfolgende Rotoren oder Zylinder unterschiedliche Anzahlen von äusseren Keilnutenzahnrädern aufweisen können, sind mehrere Verhältnisse von Rotor- oder Zylinderbahnen pro Umdrehung der Ausgangswelle verfügbar. Die inneren und äusseren Keilnutenzahnräder 46 und 42 können an den jeweiligen ringförmigen Flanschen und/oder Rotorteilen 44 und 30 hergestellt werden. Sie können aber auch unabhängig von diesen Teilen hergestellt werden und durch Schweißen oder dergleichen an diesen angebracht werden.

Es wird festgestellt, dass bei einer anderen Ausführungsform das Keilnutenzahnrad an dem distalen Ende des Rotors oder des Zylinders 30 auch als ein Innenzahnrad ausgebildet sein und als Innenkeilnutenzahnrad arbeiten kann, und dass das stationäre Keilnutenzahnrad 46 als äusseres Ringzahnrad angeordnet sein kann. Der Rotor oder Zylinder 30 bewegt sich dann auf einer Kreisbahn, wobei sein distaler Umfang in radialer Richtung ausserhalb des ringförmigen Flansches 44 angeordnet ist.

Eine weitere Ausbildungsform ist in der Fig. 2 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform ist der Rotor 30 vorzugsweise als Zylinder ausgebildet, dessen radiales inneres Teil des Stützteils oder der Platte 32 fest an der ersten Endkappe 18 befestigt ist. Das erste Zahnrad oder das kreisförmige Keilnutenzahnrad 46 kann das Ausgangsteil aufweisen, das in der anderen Endkappe 14 in einem Lager 50 gelagert ist und an einer Ausgangswelle 52 durch ein ringförmiges flanschähnliches Trägerteil 54 befestigt ist. Es wird bewirkt, dass sich das distale Ende des Zylinders 30 nach wie vor während der Motorerregung um die Ausgangswelle auf einer Kreisbahn dreht, wobei bewirkt wird, dass die Zähne des ersten und zweiten Zahnrades 42 und 46 fortschreitend am Umfang ineinander eingreifen, um eine Drehbewegung der Ausgangswelle zu bewirken. Das an einer Endkappe 18 fest angeordnete Stützteil oder die Platte selbst dreht sich jedoch nicht vollständig um die Achse A des Motors.

Der beschriebene Schrittmotor verwendet Auslenkungsmechaniken, bei denen die Motorkomponenten einfacher und wirtschaftlicher sind, und eine grössere Lebensdauer aufweisen. Ausserdem ist der Motor leistungsfähiger als bekannte Schrittmotoren.

