

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

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
12. Februar 2015 (12.02.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/018407 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*F16D 48/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200319

(22) Internationales Anmeldedatum:  
14. Juli 2014 (14.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 215 486.0  
6. August 2013 (06.08.2013) DE  
10 2013 218 947.8  
20. September 2013 (20.09.2013) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **BAEHR, Markus**; Schulstr. 3, 77815 Bühl (DE). **HERKOMMER, Dominik**; Ruhrweg 16, 69198 Schriesheim (DE). **GRETHEL, Marco**; Hirschbachstraße 52, 77830 Bühlertal (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A POSITION OF A LINEARLY MOVING ACTUATOR GEAR IN AN ACTUATOR SYSTEM, IN PARTICULAR A CLUTCH ACTUATING SYSTEM OF A MOTOR VEHICLE AND AN ACTUATOR SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINES POSITION EINES SICH LINEAR BEWEGENDEN AKTORGETRIEBES IN EINEM AKTORSYSTEM, INSBESONDERE EINEM KUPPLUNGSBETÄTIGUNGSSYSTEM EINES KRAFTFAHRZEUGES UND EIN AKTORSYSTEM

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a position of a linearly moving actuator gear, in particular a clutch actuating system of a motor vehicle, wherein the actuator gear is driven by an electric motor, wherein a position signal of a rotor of the electric motor is received by a sensor. In a method wherein a highly accurate referencing between the path of the actuator gear and the position signal of the rotor of the electric motor is possible despite a soft stop, a sensor designed as an absolute angle encoder measures, as a position signal of the rotor, a current angle, which is allocated in dependence on an initial angle of a rotation of the rotor identified during an initialization process, from which the position of the actuator gear is determined.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Position eines sich linear bewegenden Aktorgetriebes, insbesondere einem Kupplungsbetätigungssystem eines Kraftfahrzeuges, bei welchem das Aktorgetriebe von einem Elektromotor angetrieben wird, wobei ein Positionssignal eines Rotors des Elektromotors von einem Sensor abgenommen wird. Bei einem Verfahren, bei welchem trotz eines weichen Anschlages eine hochgenaue Referenzierung zwischen dem Weg des Aktorgetriebes und Positionssignal des Rotors des Elektromotors möglich ist, misst ein als Absolutwinkelsensor ausgebildeter Sensor als Positionssignal des Rotors einen aktuellen Winkel, welcher in Abhängigkeit von einem, während eines Initialisierungsprozesses ermittelten Initialwinkels einer Umdrehung des Rotors zugeordnet wird, woraus die Position des Aktorgetriebes bestimmt wird.



WO 2015/018407 A2

**Verfahren zur Bestimmung einer Position eines sich linear bewegenden Aktorgetriebes in einem Aktorsystem, insbesondere einem Kupplungsbetätigungssystem eines Kraftfahrzeuges und ein Aktorsystem**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Position eines sich linear bewegenden Aktorgetriebes, insbesondere einem Kupplungsbetätigungssystem eines Kraftfahrzeuges, bei welchem das Aktorgetriebe von einem Elektromotor angetrieben wird und ein Positionssignal eines Rotors des Elektromotors von einem Sensor abgenommen wird sowie ein Aktorsystem zur Durchführung des Verfahrens.

In modernen Kraftfahrzeugen, insbesondere Personenkraftwagen, werden zunehmend automatisierte Kupplungen eingesetzt, wie sie in der DE 10 2011 014 936 A1 beschrieben sind. Der Einsatz solcher Kupplungen hat den Vorteil des verbesserten Fahrkomforts und führt dazu, dass häufiger in Gängen mit langer Übersetzung gefahren werden kann. Die dabei verwendenden Kupplungen sind in hydraulischen Kupplungssystemen eingesetzt, bei welchen ein elektrohydraulischer Aktor, der von einem elektrisch kommutierten Elektromotor angetrieben wird, über eine Hydraulikleitung mit der Kupplung verbunden ist. Zur korrekten Kommutierung weist der Elektromotor einen Sensor auf, der die Position des Rotors des Elektromotors während des Betriebes des Aktors detektiert.

Es ist bekannt, zur Wegsteuerung von elektromotorischen Aktoren in beispielsweise einem elektrohydraulischen Kupplungsbetätigungssystem unterschiedliche Ist-Positions-Erfassungssysteme zu verwenden. Diese lassen sich in die Gruppe der Absolut-Wegsensoren und in die Gruppe der Inkremental-Wegsensoren einteilen. Mit Hilfe eines Inkremental-Wegsensors werden nur relative Bewegungen des Aktors erfasst. Erst nach einem Referenzieren, d.h. einem Abgleich an einer über ein unabhängiges Verfahren ermittelten Position, kann hier eine korrekte Position des Aktors ermittelt werden. Die einfachste Variante einer solchen Positionsreferenzierung ist das Anfahren eines mechanischen Endanschlages durch den Aktor.

Eine solche Positionsreferenzierung kann auf unterschiedliche Arten durchgeführt werden. Bei Aktorsystemen mit hohem mechanischen Aktorwirkungsgrad kann durch das Anfahren des Anschlages mit einem definierten Motorstrom oder einer definierten Motorspannung eine Momentengleichgewichtsposition gefunden werden, in der sich, abgesehen von der Reibung im Aktorsystem, ein Gleichgewicht zwischen Motormoment und Moment aus der Anschlagkraft des Aktors einstellt.

Bei einem schlechteren Aktorwirkungsgrad wird die Unsicherheit der gefundenen Position durch die Reibung größer. Hier muss der Anschlag zur Referenzierung auch wieder mit definierter Kraft, Moment, Motorstrom oder Motorspannung aber mit geringerer Geschwindigkeit, d.h. mit geringerer kinetischer Energie, angefahren werden, so dass sich der Aktor nur wenig in den Reibungsbereich hineinbewegt. Alternativ kann auch die Aktorgeschwindigkeit bei der Bewegung gegen den Anschlag mit konstanter Spannung ausgewertet werden, um so die Laststruktur des Aktors zu erkennen und eine Referenzierung durchzuführen. Die Genauigkeit der Referenzierung steigt dabei mit zunehmender Steifigkeit des Anschlages.

Über die Aktormotorspannung kann ein Anschlagkraftbereich (Streuung der mechanischen Parameter und der Motorparameter) eingestellt werden. Zusammen mit den Reibungen im System ergibt sich damit ein Wegbereich, auf dem der Aktor zum Stehen kommen kann. Je steifer der Anschlag ist, desto kürzer ist der Wegbereich.

Der Anschlag und auch das mechanische System des Aktors müssen die kinetische Energie des bewegten Aktors aufnehmen, ohne dass eine Zerstörung des Aktorsystems eintritt. Bei einer gegebenen kinetischen Energie  $E_K$ , die sich im Wesentlichen aus Rotationsenergie des Rotors des Elektromotors bei maximaler Drehzahl ergibt, einem angenommenen Wirkungsgrad  $\eta$  des Aktorgetriebes und einer angenommenen linearen Anschlagssteifigkeit  $c$  ergibt sich, ohne eine Zusatzkraft aus dem Elektromotor anzunehmen, eine Tastkraft  $F$  am Anschlag.

$$F = \sqrt{2c\eta E_K}$$

Damit besteht bei zunehmender Referenziergenauigkeit eine zunehmende Gefahr der mechanischen Überlastung des Aktors. Dies wird anhand der Figuren 11 und 12 verdeutlicht, wobei die Figur 11 einen weichen Anschlag darstellt, bei welcher der Aktor mit einer geringeren kinetischen Energie gegen den Anschlag gefahren wird, und Figur 12 einen steifen Anschlag zeigt, wo der Aktor mit einer höheren kinetischen Energie betrieben wird. Die Anschlagkräfte und Momente werden hier negativ dargestellt, da in der Konvention die Betätigungskräfte der Kupplung positiv sind. In beiden Figuren 11, 12 entspricht die waagerechte Position dem Lastmoment für die Bewegung des Aktors nach unten. In dem Bereich A, wo die gerade Linie I abknickt, wirkt die Kraft des Aktors auf den Anschlag. Die gestrichelte Linie II, die ebenfalls abgeknickt zu der waagerechten Kurve I dargestellt ist, zeigt die Unsicherheit der Tastdynamik. Ein Vergleich der Figuren 11 und 12 ergibt, dass das Referenzfenster  $R_W$  für ei-

- 3 -

nen weichen Anschlag größer ist als die Referenzfenster  $R_{St}$  bei einem steifen Anschlag. Der parallel zum Motorwinkel verlaufende Bereich G entspricht der Genauigkeit des Tastmomentes des Sensors.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung einer Position eines sich linear bewegendes Aktorgetriebes anzugeben, bei welchem die Referenzierung mit einem weichen Anschlag erfolgen kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass ein als Absolutwinkelsensor ausgebildeter Sensor als Positionssignal des Rotors einen aktuellen Winkel misst, welcher in Abhängigkeit von einem, während eines Initialisierungsprozesses ermittelten Initialwinkel einer Umdrehung des Rotors zugeordnet wird, woraus die Position des Aktorgetriebes bestimmt wird. Das Verfahren hat den Vorteil, dass auf Wegsensoren vollständig verzichtet werden und aus dem aktuell gemessenen Winkel der durch das Aktorgetriebe zurückgelegte Weg bestimmt werden kann. Dabei kann sicher festgestellt werden, in welcher Umdrehung des Rotors des Elektromotors der durch den Absolutwinkelsensor gemessene Winkel liegt. Dies ist insbesondere dadurch möglich, da Absolut-Winkelsensoren eine oder nur wenige Umdrehungen pro Motorwellenumdrehung verwenden. Unter Umdrehung soll dabei das Zurücklegen einer vollständigen Polpaarzahl N verstanden werden, welche an einem, am Rotor des Elektromotors angeordneten Drehwinkelmagneten ausgebildet ist. Das Sensorsignal durchläuft somit N-mal pro Umdrehung seinen vollen Wertebereich. Für ein formschlüssiges Aktorgetriebe mit einer festen, unveränderbaren Beziehung zwischen dem Winkel des Elektromotors und der Position des Aktorgetriebes sinkt somit die Anforderung an die Referenzierungsgenauigkeit.

Vorteilhafterweise wird der aktuell gemessene Winkel mit einem Grenzwinkel verglichen, wobei, wenn der aktuell gemessene Winkel unterhalb des Grenzwinkels liegt, welcher kleiner als der Initialwinkel ist, der aktuell gemessene Winkel zur nächst größeren Umdrehung des Elektromotors gehört, während, wenn der aktuell gemessene Winkel oberhalb des Grenzwinkels liegt, welcher größer als der Initialwinkel ist, der aktuell gemessene Winkel zur nächst kleineren Umdrehung des Elektromotors gehört. Dabei wird berücksichtigt, ob der Initialwinkel näher an den Umschlagpunkten, d.h. dem Überlauf bzw. Unterlauf des Sensorsignals liegt. Die Grenze für den Zuordnungswechsel zu den Umdrehungen stellt das Sensorsignal mit  $180^\circ$  Winkelabstand zum Initialwinkel dar. Somit lässt sich der gemessene Winkel eindeutig in Beziehung zum zurückgelegten Weg des Aktorgetriebes definieren.

In einer Ausgestaltung wird während des Initialisierungsprozesses dem Initialwinkel ein Referenzfenster für einen Referenzierungsanschlag des Aktorgetriebes zugeordnet. Der Initia-

lisierungsprozess stellt dabei einen Vorgang dar, welcher unabhängig von dem normalen Betriebsprozess des Aktorsystems ausgeführt wird, so dass Fehlereinflüsse durch die Umgebung des Aktorsystems oder Alterung des Aktorsystems innerhalb des Kraftfahrzeuges unterbunden werden.

In einer Variante wird der Initialisierungsprozess am Bandende der Fertigung des Aktorsystems durchgeführt. Der während des Initialisierungsprozesses gefundene Initialwinkel sowie das Referenzfenster werden abgespeichert und können während des Betriebes des Aktorsystems im Kraftfahrzeug verwendet werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird während des Einsatzes des Aktorsystems im Kraftfahrzeug in einem Referenzierungsvorgang des Aktogetriebes gegen den Referenzierungsanschlag gefahren, wobei dem Referenzierungsanschlag der aktuell gemessene Winkel des Absolutwinkelsensors und gleichzeitig der Umdrehung des Elektromotors zugeordnet wird. Somit wird sichergestellt, dass der während des Betriebes des Aktorsystems im Kraftfahrzeug festgestellte Winkel auch dem tatsächlich von dem Aktogetriebe zurückgelegten Weg entspricht.

Ferner ist das während des Initialisierungsprozesses bestimmte Referenzfenster kleiner als ein Betriebsreferenzfenster während des Einsatzes des Aktorsystems im Kraftfahrzeug. Da am Bandende die Referenzierung und Initialisierung des Aktogetriebes unter definierten Bedingungen stattfindet (Temperatur, Verschleiß und ähnliches), ergeben sich hier kleinere Streuungen in den Motorparametern und in der Reibung des mechanischen Systems. Im Gegensatz dazu ist während des Betriebes im Kraftfahrzeug von sich ändernden Bedingungen auszugehen, so dass größere Schwankungen der Temperatur, des Verschleißzustandes oder der Alterung des Aktorsystems vorliegen, so dass das Betriebsreferenzfenster größer gewählt wird als das Referenzfenster während des Initialisierungsprozesses. Es ist aber davon auszugehen, dass das Referenzfenster immer innerhalb des Betriebsreferenzfensters liegt, um eine genaue Auswertung des Signals des Absolutwinkelsensors zu ermöglichen.

Eine Weiterbildung der Erfindung betrifft ein Aktorsystem, insbesondere ein Kupplungsbetätigungssystem eines Kraftfahrzeuges, mit einem Aktogetriebe, welches von einem Elektromotor angetrieben wird und das eine Drehbewegung des Elektromotors in eine lineare Bewegung einer Kupplung umsetzt, wobei ein Sensor eine Position des Elektromotors erfasst. Bei einem Aktorsystem, bei welchem die Referenzierung des Weges des Aktogetriebes mit einem wei-

- 5 -

chen Anschlag erfolgen kann, ist der Sensor als Absolutwinkelsensor und das Aktorgetriebe übersetzungstreu ausgebildet. Unter übersetzungstreu soll im Weiteren ein, über die Lebensdauer des Aktorsystems reproduzierbarer Zusammenhang zwischen Winkel des Elektromotors und Weg des Aktorgetriebes und somit der Kupplung verstanden werden. Eine solche Ausgestaltung hat den Vorteil, dass auf Wegsensoren vollständig verzichtet werden und aus dem aktuell gemessenen Winkel der durch das Aktorgetriebe zurückgelegte Weg bestimmt werden kann.

Vorteilhafterweise ist der Absolutwinkelsensor einem, auf einem Rotor des Elektromotors angeordneten, vorzugsweise als Dipol ausgebildeten Drehwinkelmagneten gegenüberliegend angeordnet, wobei ein Referenzierungsanschlag auf einer dem Elektromotor entgegengesetzten Seite des Aktorgetriebes angeordnet ist oder auf der dem Elektromotor zugewandten Seite des Aktorgetriebes positioniert ist, wobei der Absolutwinkelsensor mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, welche aus einem, von dem Absolutwinkelsensor gemessenen Winkel die Position des Referenzierungsanschlages bestimmt. Der Einsatz eines solchen kostengünstigen Drehwinkelmagneten vereinfacht die Zuordnung des gemessenen Winkels zu der Umdrehung des Elektromotors.

In einer Ausgestaltung ist dem Referenzierungsanschlag ein federähnliches Element mit einer nichtlinearen Kraftkennlinie zur Aufnahme der kinetischen Kräfte des Aktors vorgeschaltet. Dadurch werden die, von dem Aktorgetriebe auf den Referenzierungsanschlag übertragenen Kräfte abgeschwächt, indem die kinetische Energie des Aktorgetriebes abgebaut wird, bevor dieser den Referenzierungsanschlag erreicht. Günstig ist die Verwendung einer geeigneten nicht-linearen Kraftkennlinie des federähnlichen Elementes, so dass bei der Tastkraft der Anschlag hinreichend steif für die Referenzierung ist, aber dennoch größere kinetische Energien aufgenommen werden können, ohne die Aktorik mechanisch zu überlasten. Hier bietet sich die Verwendung einer geeigneten Tellerfeder an.

Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Mehrere davon sollen anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert werden.

Es zeigen:

Figur 1: eine vereinfachte Darstellung eines Kupplungsbetätigungssystems zur Betätigung einer automatisierten Reibungskupplung,

- 6 -

- Figur 2: Prinzipdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Spindelaktors gemäß Figur 1,
- Figur 3: ein zweites Ausführungsbeispiel eines Spindelaktors gemäß Figur 1,
- Figur 4: ein drittes Ausführungsbeispiel eines Spindelaktors gemäß Figur 1,
- Figur 5: ein viertes Ausführungsbeispiel eines Spindelaktors gemäß Figur 1,
- Figur 6: ein Ausführungsbeispiel eines Anschlag-Lastkennfelds des Spindelaktors mit Tellerfederanschlag,
- Figur 7: ein Initialwinkel in der Mitte einer Umdrehung des Spindelaktorantriebes,
- Figur 8: ein Initialwinkel nahe der oberen Winkelgrenze des Spindelaktorantriebes,
- Figur 9: ein Initialwinkel nahe der unteren Winkelgrenze des Spindelaktorantriebes,
- Figur 10: Referenzierungsverhältnisse zwischen einem Referenzfenster des Initialisierungsprozesses und dessen Lage im Betriebsreferenzfenster,
- Figur 11: Darstellung des Lastmomentes am Elektromotor über dem Motorwinkel bei einem weichen Anschlag des Aktors nach dem Stand der Technik,
- Figur 12: Darstellung des Lastmomentes am Elektromotor über dem Motorwinkel bei einem steifen Anschlag des Aktors nach dem Stand der Technik.

Gleiche Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

In Figur 1 ist ein Aktorsystem in Form eines Kupplungsbetätigungssystems 1 für eine automatisierte Kupplung vereinfacht dargestellt. Das Kupplungsbetätigungssystem 1 ist in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges einer Reibungskupplung 2 zugeordnet und umfasst einen Geberzylinder 3, der über eine auch als Druckleitung bezeichnete Hydraulikleitung 4 mit einem Nehmerzylinder 5 verbunden ist. In dem Nehmerzylinder 5 ist ein Nehmerkolben 6 hin

- 7 -

und her bewegbar, der über ein Betätigungsorgan 7 und unter Zwischenschaltung eines Lagers 8 die Reibungskupplung 2 betätigt.

Der Geberzylinder 3 ist über eine Verbindungsöffnung mit einem Ausgleichsbehälter 9 verbindbar. In dem Geberzylinder 3 ist ein Geberkolben 10 bewegbar. Von dem Geberkolben 10 geht eine Kolbenstange 11 aus, die in Längserstreckung des Geberzylinders 3 zusammen mit dem Geberkolben 10 translatorisch bewegbar ist. Die Kolbenstange 11 des Geberzylinders 3 ist über ein Spindelgetriebe, bestehend aus einer Gewindespindel 12 und einer fest an der Gewindespindel angeordneten Spindelmutter 19, mit einem elektromotorischen Stellantrieb 13 gekoppelt. Der elektromotorische Stellantrieb 13 umfasst einen als kommutierten Gleichstrommotor ausgebildeten Elektromotor 14 und eine Auswerteeinheit 15. Die Gewindespindel 12 setzt eine Drehbewegung des Elektromotors 14 in eine Längsbewegung der Kolbenstange 11 bzw. des Geberzylinderkolbens 10 um. Die Reibungskupplung 2 wird somit durch den Elektromotor 14, die Gewindespindel 12 und den Geberzylinder 3 und den Nehmerzylinder 5 automatisiert betätigt.

In Figur 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines Spindelaktors dargestellt, der aus dem Elektromotor 14. Der Gewindespindel 12 und einer Gewindemutter 19 besteht. Die Bewegung dieses Spindelaktors, insbesondere der auf der Gewindespindel 12 sitzenden Spindelmutter 19 wird mittels eines Axial-Absolutwinkelsensors 20 bestimmt, welche zur Referenzierung der Position des Elektromotors 14 und dem Weg der Gewindespindel 12 gegen einen Anschlag 23 gefahren wird. Der Elektromotor 14 besteht dabei aus einem Rotor 17 und aus einem Stator 18, wobei der Stator 18 feststehend, den mit der Getriebespindel 12 verbundenen Rotor 17 umfasst. Ein erstes Ende der Gewindespindel 12 ist mit einem Drehwinkelmagneten 22 versehen, welcher vorzugsweise als Dipol ausgebildet ist und sich mit der Gewindespindel 12 bewegt. Der Axial-Absolutwinkelsensor 20 ist auf einer Platine 21 angeordnet, welche beabsichtigt zum Drehwinkelmagnet 22 angeordnet ist. Auf der entgegengesetzten Seite der Gewindespindel 12 wird die Gewindemutter 19 infolge des Antriebes der Gewindespindel 12 durch den Rotor 17 des Elektromotors 14 gegen den Anschlag 23 gefahren, auf welchem in Richtung der Gewindespindel 12 eine Tellerfeder 24 positioniert ist. Anstelle der Tellerfeder 24 kann auch eine anders gearbeitete, vorgespannte lineare Feder genutzt werden.

In Figur 3 ist ein zweites Ausführungsbeispiel des Spindelaktors dargestellt, bei welchem der Drehwinkelmagnet 22 zwischen der Spindelmutter 19 und dem Rotor 17 des Elektromotors 14 angeordnet ist. Der Absolutwinkelsensor 20 ist wiederum auf einer Platine 21 befestigt. Im

Gegensatz zu Figur 2 arbeitet der Absolutwinkelsensor 20 als Radial-Winkelsensor und ist beabstandet zu der Stirnseite des Drehwinkelmageten 22 angeordnet.

Figur 4 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel des Spindelaktors, bei welchem der Anschlag 23 mit der Tellerfeder 24 zwischen der Spindelmutter 19 und dem Rotor 17 des Elektromotors 14 positioniert ist. Die Tellerfeder 24 ist dabei in Richtung der Spindelmutter 19 angeordnet, um deren Anschlag abzufedern. Vorteilhaft ist es, die Referenzier- und Anschlagkraft auf dem kürzest möglichen Weg abzufangen. Daher bietet es sich an, den Anschlag 23 zwischen Elektromotor 14 und Spindelmutter 19 zu platzieren. Damit bleiben Spindel- und Aktormotorlager von den Anschlagkräften unbelastet. Allerdings muss hier darauf geachtet werden, dass die Reibmomente zwischen Gewindespindel 12 und Spindelmutter 19 am Anschlag 23, die sich beim Festklemmen des Aktors ergeben können, nicht zu groß werden.

Ein viertes Ausführungsbeispiel des Spindelaktors zeigt Figur 5. Dabei ist die Gewindespindel 12 an einem Gehäuse 16 angelagert, wobei der Anschlag 23 durch das Gehäuse 16 realisiert ist. Die Tellerfeder 24 ist an dem Gehäuse 26 befestigt und nimmt bei der Bewegung der Gewindespindel 12 die Gewindemutter 19 auf. Dem entgegengesetzte Ende der Gewindespindel 12 ist der als Axial-Winkelsensor arbeitenden Absolutwinkelsensor 20 zugeordnet, der dem Drehwinkelmageten 22 gegenüberliegend angeordnet ist, welcher an dem, dem Anschlag 23 (Gehäuse 16) entgegengesetzten Ende der Gewindespindel 12 befestigt ist. Dabei müssen die Lager 25 der Gewindespindel 12 die Anschlagkräfte aufnehmen.

Durch geeignete konstruktive Maßnahmen kann die Anschlagssteifigkeit der Spindelmutter 19 an den Anschlag 23 so eingestellt werden, dass eine geringe, erforderliche Referenziergenauigkeit erreicht werden kann und das Kraftniveau beim Aufeinandertreffen der Gewindemutter 19 auf den Anschlag 23 nicht überschritten wird. Speziell bei der Verwendung einer geeigneten Tellerfeder 24 mit einer nichtlinearen Kraftkennlinie wird zusätzlich die maximale Kraft beim Zusammenstoß abgesenkt, wie es aus Figur 6 hervorgeht. Hier bewegt sich die Spindelmutter 19 von rechts nach links, wobei der Referenzierungsanschlagbereich  $B_{RA}$  beim Absenken der Kurve I aus dem waagerechten Verlauf im Bereich A beginnt. Ein solcher Anschlag der Tellerfeder 24 erlaubt ein kraftbegrenztes Abbauen der kinetischen Energie (Bereich KA), so dass die kinetische Energie nicht weiter ansteigen kann und das Aktorsystem nicht beschädigt wird.

In einem idealen System wird angenommen, dass immer dieselbe Referenzposition zwischen dem Weg der Gewindemutter 19 zum Anschlag 23 und dem von dem Absolutwinkelsensor 20 detektierten Winkel  $\varphi$  gefunden wird. Im realen System kommt es aber zu Messunsicherheiten, wobei aber bei der Referenzierung immer eine Winkelposition demselben Positionsbe- reich des Gewindeaktors, d.h. demselben Referenzfenster R, zugeordnet wird. Dabei wird bei der Initialisierung des Gewindeaktors am Bandende des Aktorsystems eine gefundene Positi- on der Spindelmutter 19 in einem Referenzfenster R abgespeichert. Dies erfolgt dadurch, dass während des Initialisierungsprozesses die Gewindespindel 12 mit einer vorgegebenen Motorspannung und einer daraus resultierenden Kraft mit der Gewindemutter 19 gegen den Anschlag 23 gefahren wird. Dabei wird ausgewertet, wo die Spindelmutter 19 stehen geblie- ben ist und der zugehörige durch den Absolutwinkelsensor 20 bestimmte Winkel  $\varphi$  als Initial- winkel  $\varphi_0$  abgespeichert. Dieser Initialwinkel  $\varphi_0$  entspricht dabei der Referenzposition 0. Um abzusichern, dass im Referenzfenster R auch immer die erste Position der Umdrehung des Elektromotors 14 gefunden wurde, wird die Breite des Referenzfensters R kleiner als eine halbe Umdrehung des Elektromotors 14 festgelegt. Nur dann kann die Auswerteschaltung 15 die Position der richtigen Umdrehung des Elektromotors 14 sicher zuordnen.

Liegt bei dem Initialisierungsprozess der gefundene Initialwinkel  $\varphi_0$  in der Mitte des Winkelsensormessbereiches, d.h. bei  $180^\circ$ , ergibt sich eine einfache Darstellung, wie diese aus Figur 7 zu entnehmen ist. Die parallel zueinander verlaufenden Geraden dokumentieren eine Umdrehung des als Dipol ausgebildeten Drehwinkelmagneten 22 von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$ . Der bei der Referenzierung gefundene Initialwinkel  $\varphi_0$  wird direkt für die Ermittlung der Position in der Umdrehung 0 genutzt. Liegt der Initialwinkel  $\varphi_0$  näher an den Umschlagpunkten, wie diese in den Figuren 8 und 9 dargestellt ist, müssen diese entsprechend der Lage des Initialwinkels  $\varphi_0$  berücksichtigt werden. Die Grenze für den Zuordnungswechsel zu den Umdrehungen ist das Sensorsignal mit  $180^\circ$  Winkelabstand zum Initialwinkel  $\varphi_0$ . Figur 8 zeigt dabei den Initial- winkel  $\varphi_0$  nahe der oberen Winkelgrenze  $\varphi_{\min}$ . Liegt der aktuell gemessene Winkel  $\varphi$ , der bei einem Referenzierungsvorgang durch den Anschlag 23 der Gewindespindel 12 gemessen wurde, unterhalb eines Grenzwinkels  $\varphi_G$ , der kleiner als der Initialwinkel  $\varphi_0$  ist, so gehört der aktuell gemessene Winkel  $\varphi$  zur nächst höheren Umdrehung des Elektromotors 14. Für den Grenzwinkel  $\varphi_G$  wird dabei angenommen:

$$\varphi_G = \varphi_0 \pm 180^\circ$$

Liegt der aktuell gemessene Winkel  $\varphi$  oberhalb des Grenzwinkels  $\varphi_G$ , der größer ist als der Initialwinkel  $\varphi_0$ , so gehört dieser zur nächst kleineren Umdrehung des Elektromotors 14, wie es in Figur 9 dargestellt ist. Ansonsten befinden sich der gemessenen Winkel  $\varphi$  in derselben Umdrehung des Elektromotors 14 wie bei dem Initialisierungsprozess.

Bei dem Initialisierungsprozess wird davon ausgegangen, dass definierte Bedingungen, wie eine konstante Temperatur, ein geringer Verschleißzustand und ähnliches vorliegen. Im späteren Betrieb des Aktorsystems im Kraftfahrzeug werden sich aber diese definierten Bedingungen ändern. Somit wird davon ausgegangen, dass das Referenzfenster R des Initialisierungsprozesses kleiner ist als das Betriebsreferenzfenster  $R_B$  im späteren Betrieb. Beide Breiten des Referenzfensters R und des Betriebsreferenzfensters  $R_B$  werden abgeschätzt, können aber auch experimentell ermittelt werden. Zudem liegt das Referenzfenster R nicht mittig im Betriebsreferenzfenster  $R_B$ . Auch dieser Versatz ist bekannt. Damit ergeben sich dann die Winkelgrenzen sowie die relative Lage des Grenzwinkels  $\varphi_G$  zum Initialwinkel  $\varphi_0$ , wie in Figur 10 dargestellt. Sind diese Randbedingungen hinreichend genau bekannt, kann das Referenzfenster R auch etwas größer sein als eine halbe Umdrehung von  $180^\circ$  des Elektromotors 14.

Die beschriebene Lösung umfasst in einer Verallgemeinerung einen Aktor mit schlupffreien, formschlüssigem Aktorgetriebe zwischen dem Aktormotor mit Motorwinkelsensor und der zu ermittelten Aktorposition. Dabei wird ein hochauflösender Absolut-Winkelsensors für die Erfassung des Aktormotorwinkels verwendet und ein definiert weicher Positionsanschlag an der zu bestimmenden Aktorposition an der Spindelmutter 19 für die Betätigung eines Geberkolbens 10 zur Referenzierung der Wegmessung eingestellt, so dass sich eine Mindestauflösung von ca. 0,5 Umdrehungen des Elektromotors 14 an dem Absolutwinkelsensors 20 ergibt. Der Vorteil der Erfindung besteht in der Ausnutzung der festen Beziehung zwischen Aktorweg und Motorwinkel bei Verwendung eines Absolutwinkelsensors am Aktormotor, um die Referenziergenauigkeit trotz nicht zu hartem mechanischen Anschlag in Form der Beschränkung der Anschlagkraft deutlich zu erhöhen.

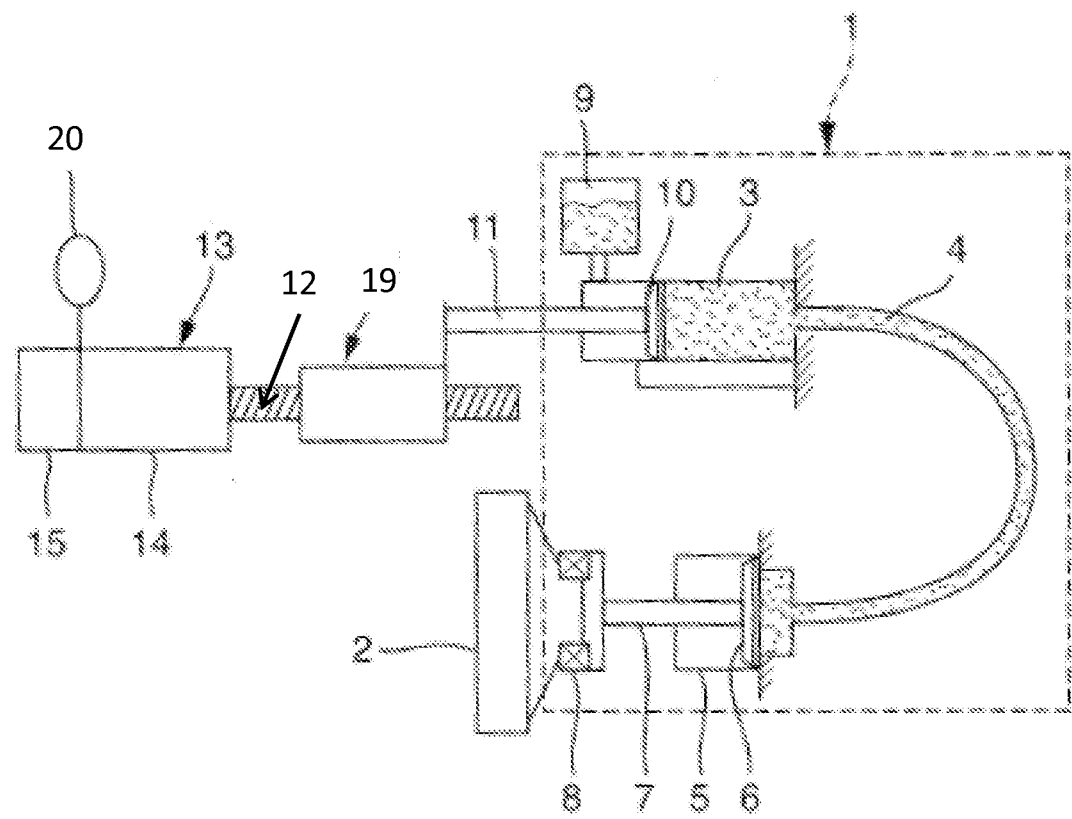
**Bezugszeichenliste**

- 1 Kupplungsbetätigungssystem
  - 2 Reibungskupplung
  - 3 Geberzylinder
  - 4 Hydraulikleitung
  - 5 Nehmerzylinder
  - 6 Nehmerkolben
  - 7 Betätigungsorgan
  - 8 Lager
  - 9 Ausgleichsbehälter
  - 10 Geberkolben
  - 11 Kolbenstange
  - 12 Gewindespindel
  - 13 Elektromotorischer Stellantrieb
  - 14 Elektromotor
  - 15 Auswerteeinheit
  - 16 Gehäuse
  - 17 Rotor
  - 18 Stator
  - 19 Spindelmutter
  - 20 Absolutwinkelsensor
  - 21 Platine
  - 22 Drehwinkel magnet
  - 23 Anschlag
  - 24 Tellerfeder
  - 25 Lager
- R Referenzfenster des Initialisierungsprozesses
- $R_B$  Betriebsreferenzfenster
- $R_w$  Referenzfenster mit weichem Anschlag
- $R_{St}$  Referenzfenster mit steifen Anschlag
- $\varphi$  gemessener Winkel
- $\varphi_0$  Initialwinkel
- $\varphi_G$  Grenzwinkel
- $\varphi_{Max}$  maximaler Grenzwinkel
- $\varphi_{Min}$  minimaler Grenzwinkel

**Patentansprüche**

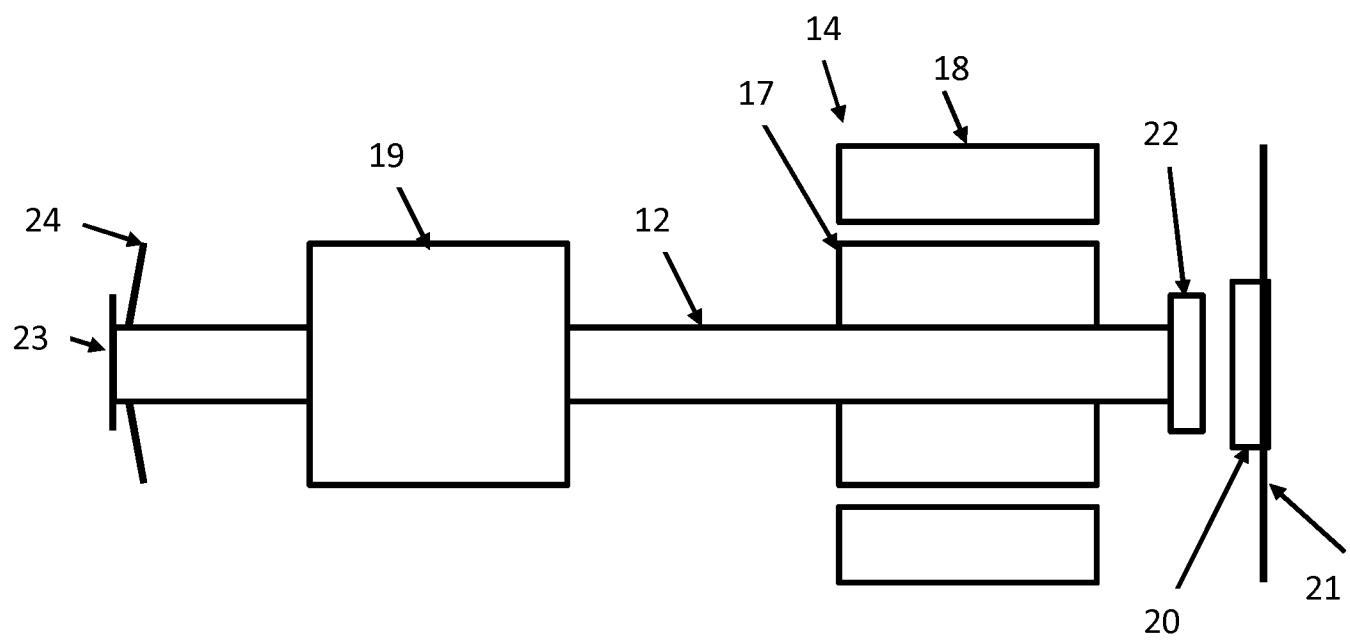
1. Verfahren zur Bestimmung einer Position eines sich linear bewegenden Aktorgetriebes, insbesondere einem Kupplungsbetätigungssystem eines Kraftfahrzeuges, bei welchem das Aktorgetriebe (12, 19) von einem Elektromotor (14) angetrieben wird und ein Positionssignal eines Rotors (17) des Elektromotors (14) von einem Sensor (20) abgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein als Absolutwinkelsensor (20) ausgebildeter Sensor als Positionssignal des Rotors (17) einen aktuellen Winkel ( $\varphi$ ) misst, welcher in Abhängigkeit von einem, während eines Initialisierungsprozesses ermittelten Initialwinkel ( $\varphi_0$ ) einer Umdrehung des Rotors (17) zugeordnet wird, woraus die Position des Aktorgetriebes (12, 19) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuell gemessene Winkel ( $\varphi$ ) mit einem Grenzwinkel ( $\varphi_G$ ) verglichen wird, wobei, wenn der aktuell gemessene Winkel ( $\varphi$ ) unterhalb des Grenzwinkels ( $\varphi_G$ ) liegt, welcher kleiner als der Initialwinkel ( $\varphi_0$ ) ist, der aktuell gemessene Winkel ( $\varphi$ ) zur nächst größeren Umdrehung des Rotors (17) gehört, während, wenn der aktuell gemessene Winkel ( $\varphi$ ) oberhalb des Grenzwinkels ( $\varphi_G$ ) liegt, welcher größer als der Initialwinkel ( $\varphi_0$ ) ist, der aktuell gemessene Winkel ( $\varphi$ ) zur nächst kleineren Umdrehung des Rotors (17) gehört.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass während des Initialisierungsprozesses dem Initialwinkel ( $\varphi_0$ ) ein Referenzfenster ( R ) für einen Referenzierungsanschlag (23) des Aktorgetriebes (12, 19) zugeordnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Initialisierungsprozess am Bandende der Fertigung des Aktorsystems (1) durchgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass während des Initialisierungsprozesses der Referenzierungsanschlag (23) mittels eines Wegsensors überwacht wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während des Einsatzes des Aktorsystems (1) im Kraftfahrzeug in einem Referenzierungsvorgang des Aktorgetriebes (12, 19) gegen den Referenzierungsanschlag (23) gefahren wird, wobei dem Referenzierungsanschlag (23) der aktuell gemessene Winkel ( $\varphi$ ) des Absolutwinkelsensors (20) und gleichzeitig der Umdrehung des Rotors (17) zugeordnet wird.
7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das während des Initialisierungsprozesses bestimmte Referenzfenster ( $R$ ) kleiner ist als ein Betriebsreferenzfenster ( $R_B$ ) während des Einsatzes des Aktorsystems (1) im Kraftfahrzeug.
8. Aktorsystem, insbesondere ein Kupplungsbetätigungssystem eines Kraftfahrzeuges, mit einem Aktorgetriebe (12, 19), welches von einem Elektromotor (14) angetrieben wird und das eine Drehbewegung des Elektromotors (14) in eine lineare Bewegung einer Kupplung umsetzt, wobei ein Sensor eine Position des Elektromotors (14) erfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor als Absolutwinkelsensor (20) und das Aktorgetriebe (12, 19) übersetzungstreu ausgebildet ist.
9. Aktorsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Absolutwinkelsensor (20) einem auf einem Rotor (17) des Elektromotors (14) angeordneten, vorzugsweise als Dipol ausgebildeten, Drehwinkel magneten (22) gegenüberliegend angeordnet ist, wobei der Referenzierungsanschlag (23) auf einer dem Elektromotor (14) entgegengesetzten Seite des Aktorgetriebes (12, 19) angeordnet ist oder auf der dem Elektromotor (14) zugewandten Seite des Aktorgetriebes (12, 19) positioniert ist, wobei der Absolutwinkelsensor (20) mit einer Auswerteeinrichtung (15) verbunden ist, welche aus einem, von dem Absolutwinkelsensor (20) gemessenen Winkel ( $\varphi$ ) die Position des Referenzierungsanschlages (23) bestimmt.
10. Aktorsystem nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass dem Referenzierungsanschlag (23) ein federähnliches Element (24) mit einer nichtlinearen Kraftkennlinie zur Aufnahme der kinetischen Kräfte des Aktorgetriebes (12, 19) vorgeschaltet ist.

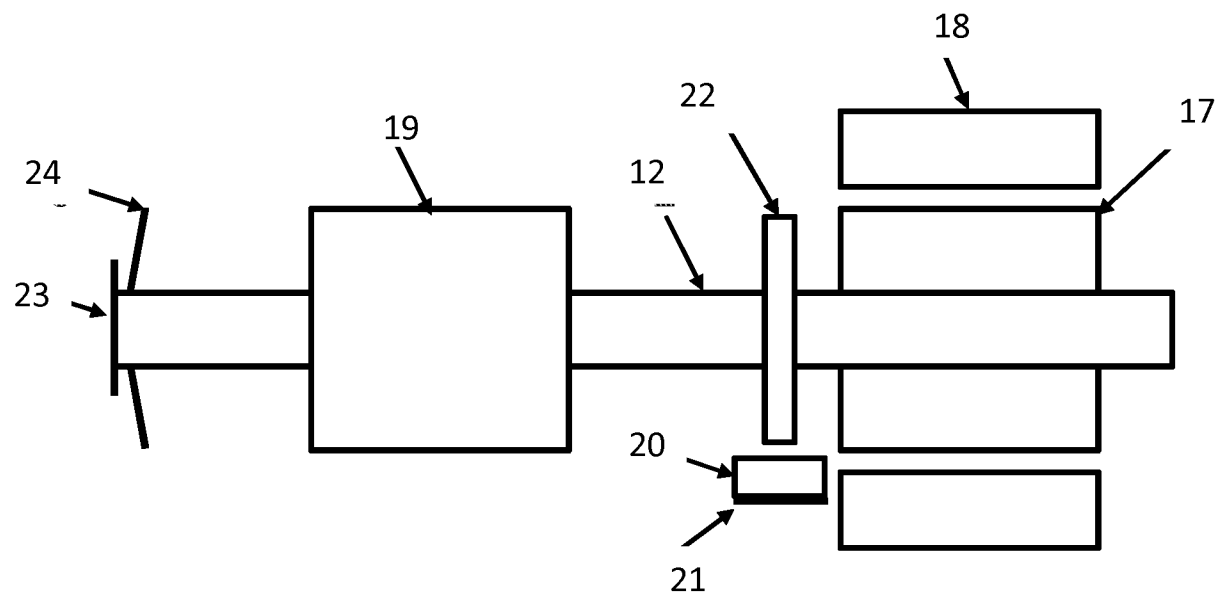


Figur 1

2/7

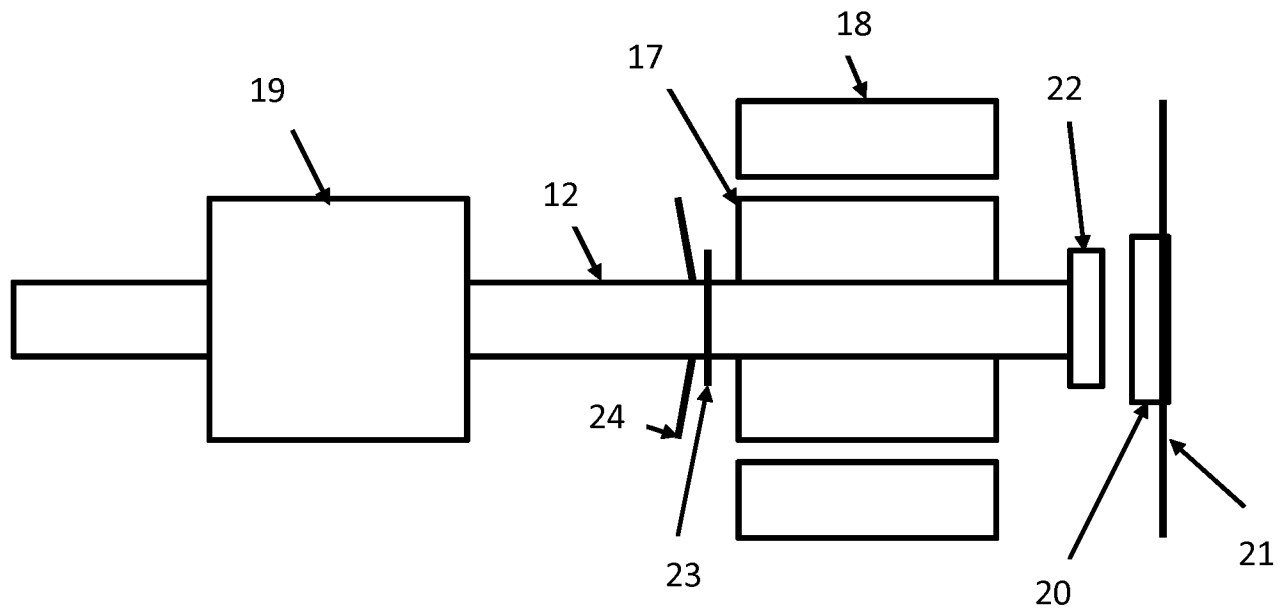


Figur 2

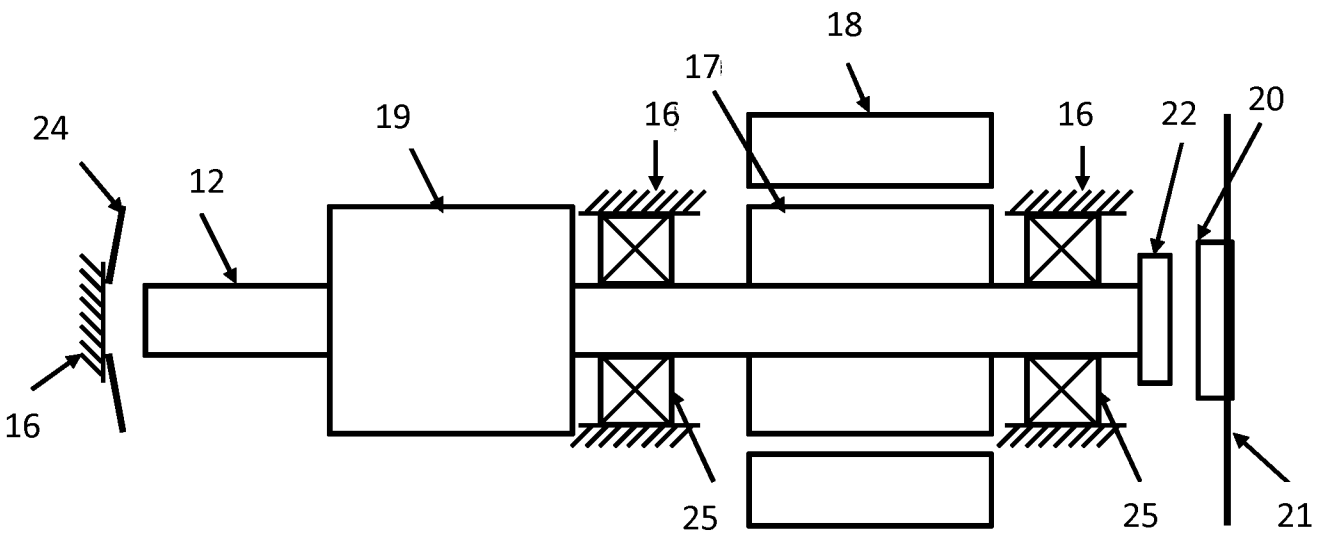


Figur 3

3/7

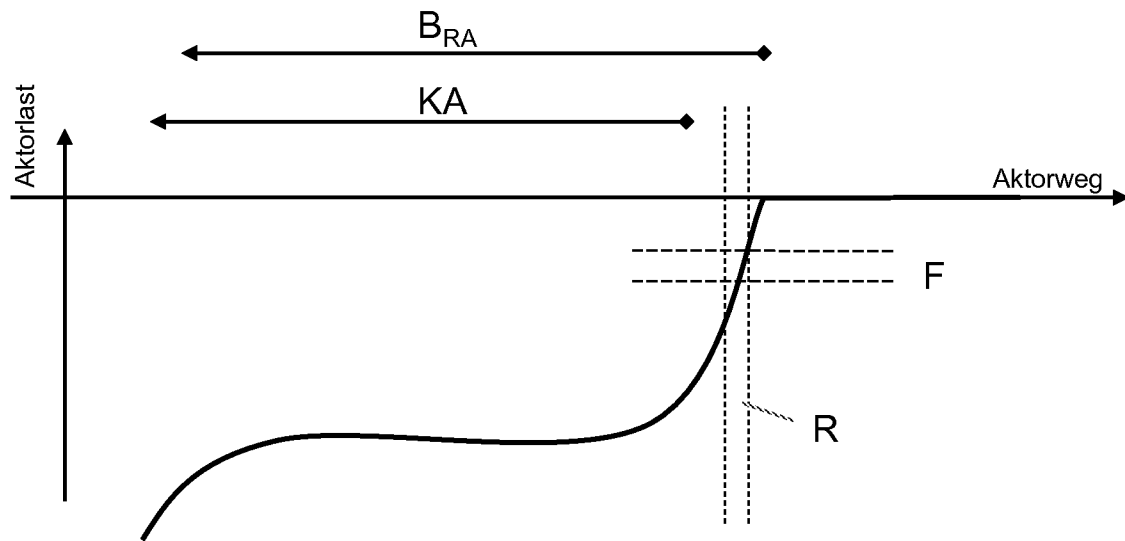


Figur 4

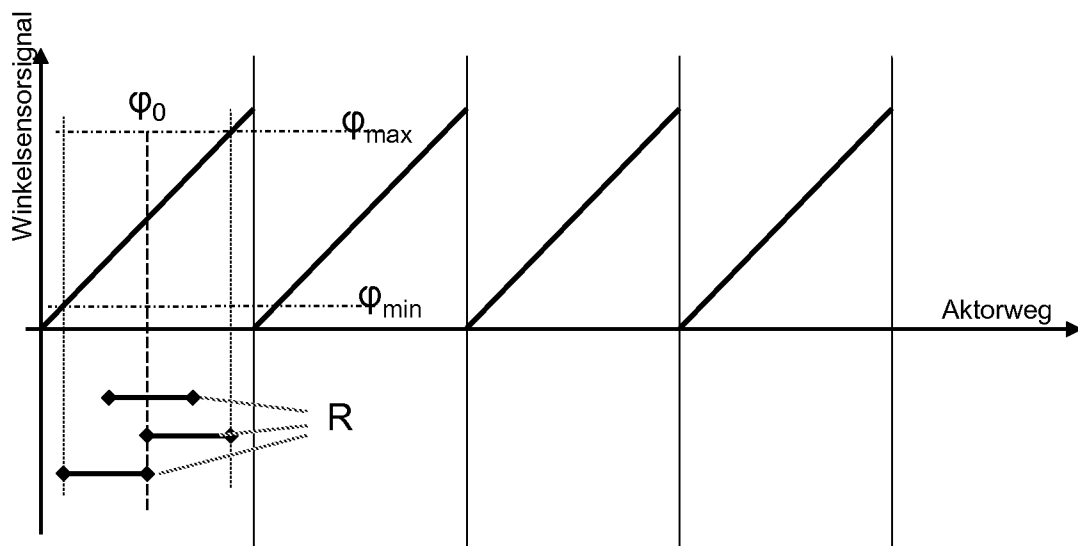


Figur 5

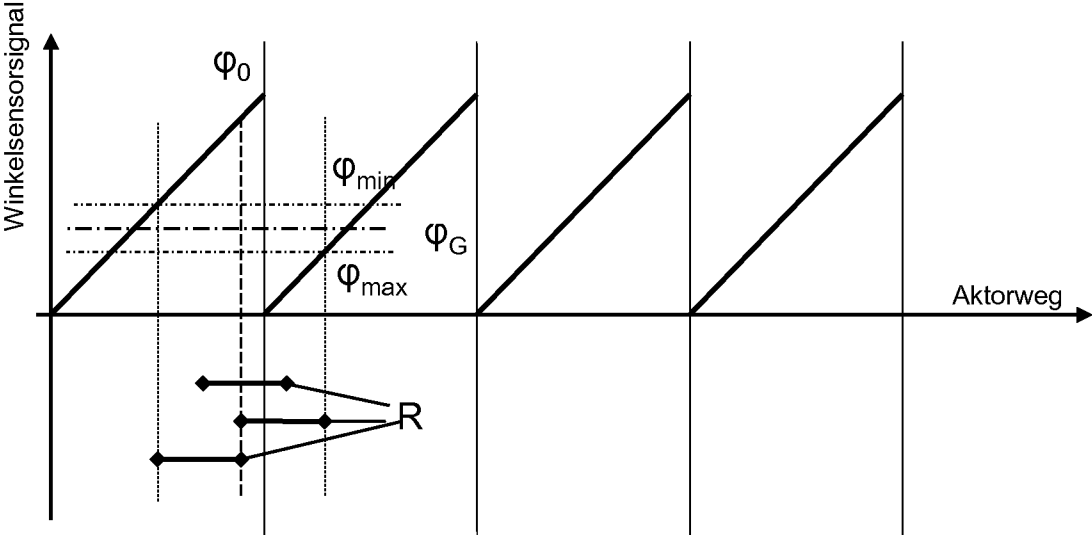
4/7



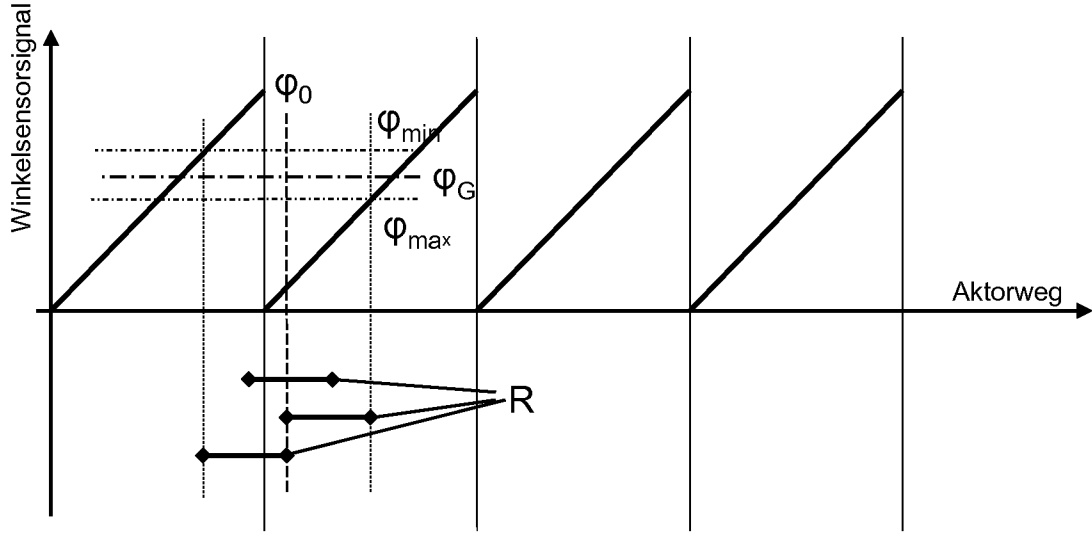
Figur 6



Figur 7

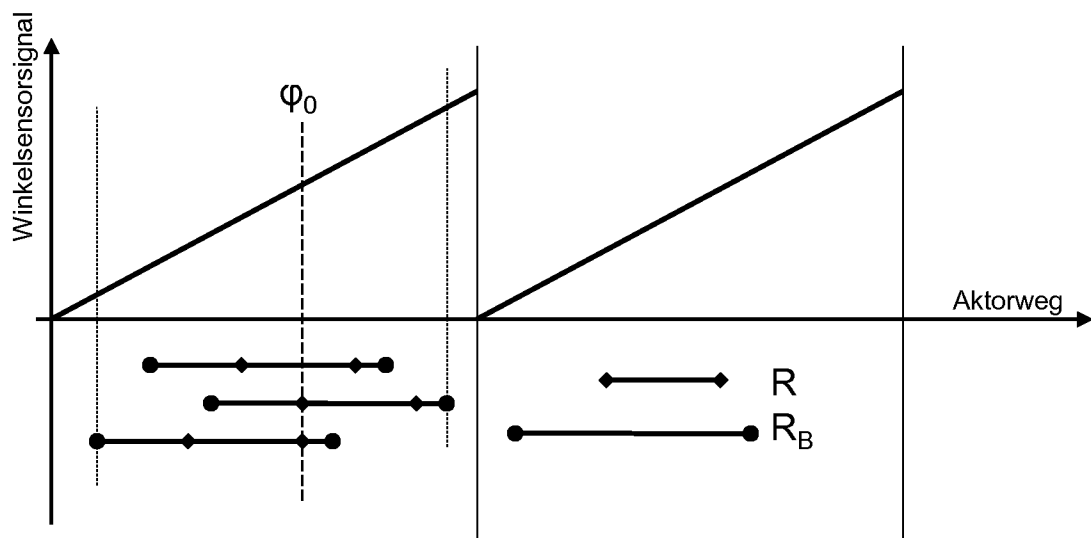


Figur 8

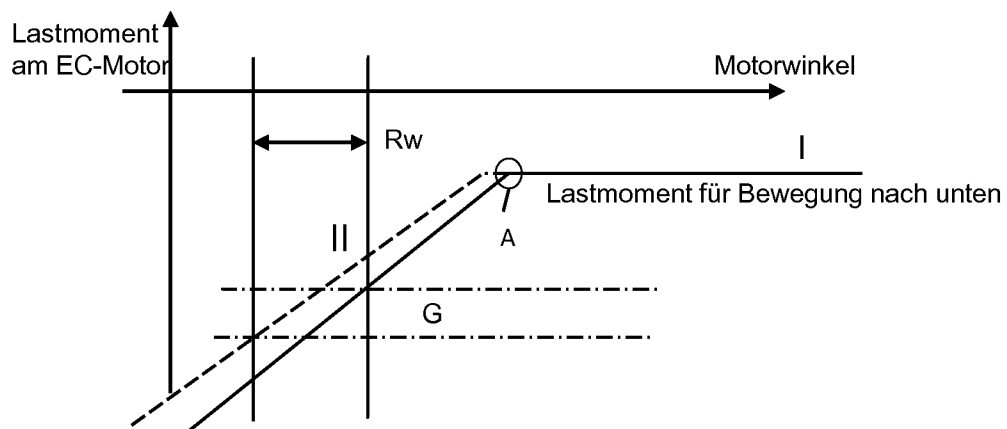


Figur 9

6/7

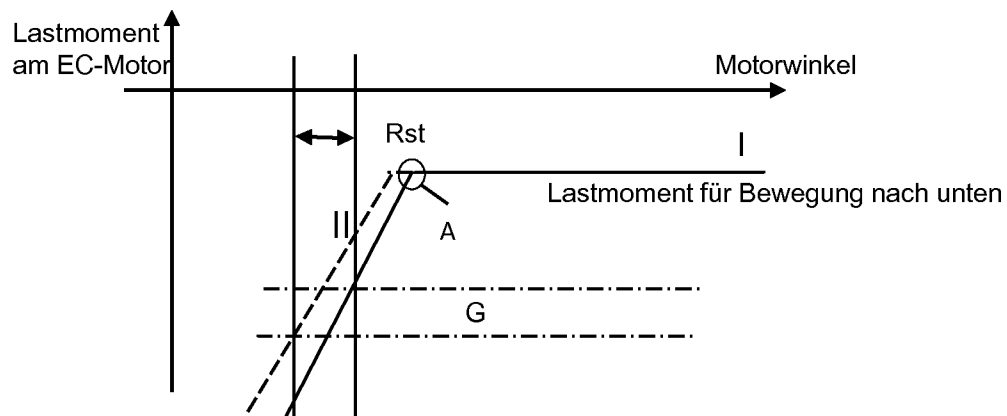


Figur 10



Figur 11

7/7



Figur 12