

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1625/2009
(22) Anmeldetag: 15.10.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2010

(51) Int. Cl.⁸: **G01M 17/007** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 338373A2
DE 102007033467A1

(73) Patentinhaber:
KRISTL, SEIBT & CO. GESELLSCHAFT
M.B.H.
A-8052 GRAZ (AT)

(54) VERFAHREN SOWIE PRÜFSTAND ZUM PRÜFEN EINES ANTRIEBSSTRANGS EINES FAHRZEUGS

(57) Verfahren sowie Prüfstand zum Prüfen eines Antriebsstrangs (2) eines Fahrzeugs mit zumindest einer Welle (3', 3'', 4', 4'', 6), wobei zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang (2) die Drehwinkel (φ_{w1-w4} ; φ_1 , φ_2 ; φ_E , φ_A) der Welle bzw. Wellen (3', 3'', 4', 4'', 6) an zumindest zwei gesonderten Stellen (2') im Antriebsstrang (2) geregelt werden bzw. eine Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) zwischen zumindest zwei Stellen (2') im Antriebsstrang (2) geregelt wird.

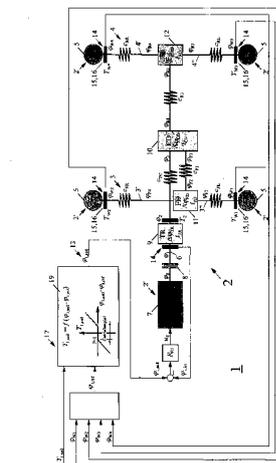


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen eines Antriebsstrangs eines Fahrzeugs mit zumindest einer Welle sowie einen Prüfstand zum Prüfen eines Antriebsstrangs eines Fahrzeugs mit zumindest einer Welle, an welche eine Belastungs- bzw. Antriebsmaschine koppelbar ist.

[0002] Aus der EP 0 338 373 A2 ist ein Prüfstand zum Testen des Antriebsstrangs eines Fahrzeugs bekannt, bei welchem ein Motor über ein Getriebe mit einem Hauptantriebsstrang verbunden ist, welcher ein Hinterachsgetriebe bzw. ein Vorderachsgetriebe antreibt. Die Getriebe sind über entsprechende Wellen mit Belastungsmaschinen verbunden, welche zur Nachbildung von Fahrwiderständen bzw. Beschleunigungs- oder Verzögerungsmomenten unabhängig voneinander bremsen und antreiben können. Die mit Stromrichtern verbundenen Belastungsmaschinen bringen Drehmomente auf, welche mittels von einem Simulationsrechner gesteuerten Regeleinrichtungen geregelt werden. Im Speziellen werden an den Belastungsmaschinen Drehzahl-Istwerte gemessen und an den Simulationsrechner übermittelt, welcher hieraus Drehmoment-Sollwerte berechnet, die mit Hilfe der Regeleinrichtungen in den Belastungsmaschinen als Istwert aufgebaut werden.

[0003] Im Antriebsstrang vorgesehene Differenzialgetriebe, auch Ausgleichsgetriebe oder kurz Differenziale genannt, sorgen bei Kraftfahrzeugen dafür, dass sich die Umfangsgeschwindigkeiten der Räder frei einstellen können. Zum Prüfen des Antriebsstrangs werden anstelle der Räder Belastungsmaschinen bzw. Radmaschinen an die Vorder- und/oder Hinterachse des Fahrzeugs angekoppelt.

[0004] Bei bekannten Prüfständen in der Art der EP 0 338 373 A2 ist den Radmaschinen bzw. dem Antrieb des Fahrzeugs üblicherweise eine Drehzahl-Regelung zugeordnet, welche darauf abzielt, dass die Drehwinkelgeschwindigkeiten möglichst genau an vorgegebene Sollwerte angeglichen werden. Die Regelung der Drehzahlen bzw. der Drehwinkelgeschwindigkeiten ist grundsätzlich nur mit begrenzter Genauigkeit möglich. Sobald an verschiedenen Stellen des Antriebsstrangs voneinander abweichende Drehzahlen vorliegen, welche nicht durch ein Differenzialgetriebe ausgeglichen werden, kommt es zu einer Verspannung des Antriebsstrangs, d.h. es wird ein Verspannmoment bzw. ein Torsionsmoment aufgebaut.

[0005] Beispielsweise tritt ein Verspannmoment dann auf, wenn die an eine Vorder- bzw. Hinterachse angeflanschten Radmaschinen bei blockiertem (Vorderachs- bzw. Hinterachs-)Differenzialgetriebe jeweils unterschiedliche Drehzahlen auf die linke bzw. rechte Welle der geprüften Achse aufbringen. Eine Abweichung in den Radmaschinen-Drehzahlen kann einerseits gezielt im Rahmen der Simulation vorgenommen werden; aufgrund der endlichen Messgenauigkeit für die Drehzahlen an den Radmaschinen ist eine gewisse Toleranz allerdings unausweichlich. Schon eine infinitesimal kleine Abweichung in den Drehzahlen führt jedoch dazu, dass die relative Stellung der Rotoren der einzelnen Radmaschinen immer weiter auseinanderläuft, was mathematisch gesehen darin begründet ist, dass die Drehwinkel zeitliche Integrale über die Drehwinkelgeschwindigkeiten darstellen.

[0006] Um zu verhindern, dass das Verspannmoment unzulässige Werte erreicht, bei welchen eine Beschädigung des Antriebsstrangs zu befürchten ist, werden bei den bekannten Prüfständen aus dem Stand der Technik die Drehmomente an den Radmaschinen mittels einer den jeweiligen Radmaschinen zugeordneten Momentenregelung eingestellt. Die Momentenregelung beruht auf einer Messung des Drehmoments, beispielsweise an einem Drehmoment-Messflansch, wobei das gemessene Drehmoment als Stellgröße für das Drehfeld der elektrischen Maschine in der Weise dient, dass am Drehmoment-Messflansch das gewünschte Drehmoment auftritt.

[0007] Die Drehmoment-Regelung kann allerdings - ebensowenig wie die Drehzahl-Regelung - nicht mit beliebiger Genauigkeit erfolgen. Sofern die Drehmoment-Regelung nicht ausreichend präzise funktioniert, kann trotz der Drehmoment-Regelung eine unzulässige Verspannung auftreten, d.h. es wird zwischen verschiedenen Stellen des Antriebsstrangs ein Torsionsmo-

ment aufgebaut, welches durch den Antriebsstrang selbst bzw. die Differenzialgetriebe nicht mehr aufgenommen werden kann. Da Prüfstände üblicherweise so konzipiert sind, dass ein großes Spektrum an Kraftfahrzeugen getestet werden kann, sind die Radmaschinen darauf ausgelegt, ein wesentlich stärkeres Drehmoment als die maximal zulässigen Drehmomente vergleichsweise kleiner Antriebsstränge aufzubringen. Die direkte Momentenregelung wird weiters durch die im Triebstrang vorhandenen Getriebespiele negativ beeinflusst. Ein weiterer Nachteil bei einer solchen direkten Momentenregelung liegt darin, dass die einzelnen Drehmoment-Regelrichtungen an den Radmaschinen stark verkoppelt sind, da sich die Änderung eines Drehmoments an einer Radmaschine über den Triebstrang sofort auf die Drehmomente an den anderen Radmaschinen auswirkt.

[0008] In der EP 0 338 373 A2 wird im Hinblick auf das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem, dass Fehler in der Drehzahlmessung große Verspannmomente bewirken können, vorgeschlagen, den kinematischen Schlupf zu simulieren, welcher im realen Fahrzeug eine unzulässige Achsverspannung verhindert. Eine solche Simulation ist jedoch vergleichsweise aufwendig.

[0009] Im Stand der Technik ist es zudem im Zusammenhang mit elektrischen Antrieben grundsätzlich bekannt, eine Momentenregelung auf Grundlage des gemessenen Drehwinkels durchzuführen. Eine solche Reglereinrichtung ist beispielsweise in der DE 10 2007 033 467 A1 beschrieben, wobei ein Geber den Drehwinkel des Motors aufnimmt und diesen über eine Signalleitung an die Reglereinrichtung übermittelt, die den Strom in Anschlussleitungen des Motors steuert.

[0010] Es ist nun Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs angeführten Art bzw. einen Prüfstand zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, mit welchem jeweils die beim Prüfen eines Antriebsstrangs auftretenden Verspannmomente auf zuverlässige und einfache Art und Weise eingestellt werden können.

[0011] In verfahrensmäßiger Hinsicht wird dies dadurch erzielt, dass zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang die Drehwinkel der Welle bzw. Wellen an zumindest zwei gesonderten Stellen im Antriebsstrang geregelt werden bzw. eine Drehwinkeldifferenz zwischen zumindest zwei Stellen im Antriebsstrang geregelt wird.

[0012] Demnach beruht die erfindungsgemäße Lehre auf dem Prinzip, zu jedem Zeitpunkt während des Prüfvorgangs die Ausrichtung der Welle bzw. Wellen, d.h. die Drehwinkel, an zwei örtlich getrennten Stellen zu regeln. Auf diese Weise kann gezielt ein Soll-Verspannmoment im Antriebsstrang aufgebaut werden, indem die relative Lage an den beiden Stellen der rotierenden Welle(n) zueinander eingestellt wird. Im einfachsten Fall kann ein konstantes Verspannmoment im Antriebsstrang dadurch eingestellt werden, dass an den zumindest zwei Stellen des Antriebsstrangs gleiche Drehwinkel vorgegeben werden. Wenn die Welle(n) an den geregelten Stellen synchron im Winkel zueinander laufen, bleibt der Verspannungszustand im Antriebsstrang konstant. Andererseits kann gezielt ein Verspannmoment im Antriebsstrang aufgebaut werden, indem Drehwinkel an zumindest zwei Stellen des Antriebsstrangs gegenläufig verstellt werden, so dass eine Drehwinkeldifferenz aufgebaut wird, die als Verspann-Drehwinkel einem bestimmten Verspannmoment entspricht. Die erfindungsgemäße Regelung der Verspannmomente im Antriebsstrang über die Drehwinkel hat den Vorteil, dass Fehler in der Drehwinkel-Regelung nicht wie bei einer Drehzahl-Regelung mit der Zeit auflaufen bzw. "aufintegriert" werden. Auf diese Weise kann eine unzulässige Verspannung des Antriebsstrangs insbesondere infolge von Fehlern in der Drehzahl-Regelung zuverlässig vermieden werden. Die relative Lage der Radmaschinen-Rotoren kann mit jeder Umdrehung des jeweiligen Rotors überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden, so dass Fehler in der Drehwinkel-Regelung für die im Antriebsstrang auftretenden Verspannmomente weitestgehend vernachlässigbar sind.

[0013] Zur zweckmäßigen Prüfung des Antriebsstrangs, insbesondere im Hinblick auf vorhandene Differenzialgetriebe, ist es günstig, wenn die Drehwinkel der Welle bzw. Wellen zumindest einer Vorder- oder Hinterachse des Antriebsstrangs geregelt wird. Demnach kann ein bestimmter Verspannungszustand in einer Seiten-Welle bzw. zwischen Seiten-Wellen der Fahrzeug-

Achsen, welche im Prüfungsbetrieb anstelle der Fahrzeugräder mit Belastungsmaschinen in der Art von Radmaschinen koppelbar sind, eingestellt werden, indem eine Drehwinkeldifferenz bzw. ein Verspann-Drehwinkel geregelt wird.

[0014] Zum Überprüfen des gesamten Antriebsstrangs eines Fahrzeugs ist es günstig, wenn ein Eintriebs-Drehwinkel einer Antriebs-Welle geregelt wird. Ein Verspannmoment im Antriebsstrang kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten aufgebaut werden: Zum einen ist durch Drehen der Wellen der Vorder- bzw. Hinterachse mit voneinander abweichenden Drehwinkeln, wie vorstehend bereits erläutert wurde, ein Verspann- bzw. Torsionsmoment zwischen den Wellen der Vorder- bzw. Hinterachse des Fahrzeugs einstellbar. Zudem verfügt jedes Fahrzeug über einen Motor bzw. einen Antrieb, mit welchem ein Drehmoment in die Antriebs-Welle des Antriebsstrangs eingebracht werden kann. Das Verspannmoment wird in diesem Fall aus der Beziehung zwischen dem Eintriebs-Drehwinkel zu den Drehwinkeln an den mit den Radmaschinen koppelbaren Wellen der Vorder- bzw. Hinterachse bestimmt bzw. eingestellt.

[0015] Im Hinblick auf eine unkomplizierte Steuerung des Verspannungszustands im Antriebsstrang ist es günstig, wenn zur Erzielung des Soll-Verspannmoments eine bekannte Beziehung zwischen der Drehwinkeldifferenz und dem Verspannmoment verwendet wird. Mit Hilfe der Relation zwischen dem Verspann-Drehwinkel bzw. der Drehwinkeldifferenz und dem Verspannmoment können die Drehwinkel an den Wellen des Antriebsstrangs derart geregelt werden, dass das gewünschte Verspannmoment aufgebaut wird.

[0016] Ein Verspannmoment zwischen zumindest zwei Stellen im Antriebsstrang wird vorteilhafterweise dadurch vorgegeben, dass die Drehwinkeldifferenz im Wesentlichen als Differenz zwischen den Drehwinkeln an zumindest zwei Stellen der Welle bzw. Wellen ermittelt wird. Demnach kann der Verspann- bzw. Torsions-Drehwinkel in einer Welle bzw. zwischen den Wellen auf einfache Weise durch Bildung einer Differenz zwischen den jeweiligen Drehwinkeln an zumindest zwei Stellen im Antriebsstrang gebildet werden.

[0017] Zur Erzielung eines Verspannmoments zwischen der den Hauptantriebsstrang bildenden Antriebs-Welle und den Wellen der Vorder- und/oder Hinterachse ist es von Vorteil, wenn die Drehwinkeldifferenz im Wesentlichen als Differenz zwischen dem Eintriebs-Drehwinkel der Antriebs-Welle und dem Mittelwert der Drehwinkeln der Wellen der Vorder- und/oder Hinterachsen ermittelt wird. Demnach ist das Verspannmoment umso größer, je mehr der Eintriebs-Drehwinkel vom Mittelwert der Radmaschinen-Drehwinkel abweicht. Der Mittelwert wird im Wesentlichen als arithmetisches Mittel gebildet, wobei gegebenenfalls die Übersetzungsverhältnisse der Differenzialgetriebe als Proportionalitätsfaktoren zu berücksichtigen sind.

[0018] Die Differenzbildung zwischen dem Eintriebs-Drehwinkel und dem, Mittelwert der Radmaschinen-Drehwinkel kann wahlweise auf zumindest zwei verschiedene Arten erfolgen.

[0019] In einem ersten Prüf-Szenario werden zwei bzw. vier Radmaschinen, je nach Antriebsart (Vorder- bzw. Hinterachs-Antrieb bzw. Allrad), mit einem vorgegebenen Zeitverlauf für die Drehwinkel gefahren und der Eintriebs-Drehwinkel wird in Abhängigkeit von den Drehwinkeln an den Radmaschinen verstellt, um gezielt das gewünschte Verspannmoment einzustellen.

[0020] Alternativ dazu kann der Eintriebs-Drehwinkel nach einem vorgegebenen Zeitverlauf gesteuert werden und in Abhängigkeit hiervon werden die Drehwinkel an den Radmaschinen eingestellt, wodurch es gleichermaßen möglich ist, das gewünschte Verspannmoment zu erzielen.

[0021] Zur Steuerung des zeitlichen Verlaufs der Drehwinkel an den Radmaschinen bzw. am Eintrieb ist es günstig, wenn die Drehwinkel an den Radmaschinen bzw. am Eintrieb gemessen und durch Vorgabe von Sollwerten entsprechend dem zeitlichen Verlauf geregelt werden.

[0022] Um jedem Verspann-Drehwinkel eindeutig ein Verspannmoment zuordnen zu können, ist es von Vorteil, wenn die Beziehung zwischen der Drehwinkeldifferenz und dem Verspannmoment als Kennlinie gespeichert ist. Demnach wird zunächst aus den Drehwinkeln der Wellen des Antriebsstrangs der momentane Verspannwinkel bzw. die Drehwinkeldifferenz berechnet, welcher mit einer Kennlinie für das Verspannmoment verglichen wird, um aus diesem Vergleich

das momentane Verspannmoment zu ermitteln.

[0023] Um die Steuerung des Verspannmoments gezielt an die Verhältnisse bei der Prüfung eines bestimmten Fahrzeugs bzw. Fahrzeugtyps anpassen zu können, ist es günstig, wenn die Kennlinie in einem Identifikations-Lauf ermittelt wird. Demnach wird zunächst die Beziehung zwischen dem Verspann-Drehwinkel und dem Verspannmoment im Identifikations-Lauf als Kennlinie aufgenommen, welche dann bei der Prüfung des Antriebsstrangs zur Erzielung des gewünschten Verspannmoments in Abhängigkeit des geregelten Verspann- Drehwinkels bzw. der Drehwinkeldifferenz herangezogen wird.

[0024] Im Hinblick auf eine Berücksichtigung des Einflusses der Differenzialgetriebe auf die Kennlinie für das Verspannmoment ist es günstig, wenn im Zuge des Identifikations-Laufs zumindest ein Getriebeispiel ermittelt wird. Ein solches Getriebeispiel macht sich dadurch bemerkbar, dass bei einer geringfügigen Verdrehung zwischen zwei Wellen des Antriebsstrangs nicht sofort ein Verspannmoment aufgebaut wird, was im Aufbau der vorhandenen Differenzial-Getriebe begründet ist, welche eine gewisse Toleranz gegenüber einer Verdrehung der an das jeweilige Differenzial-Getriebe angeschlossenen Wellen aufweisen. Aus der im Zuge des Identifikations-Laufs aufgenommenen Kennlinie geht demnach das Getriebeispiel des jeweiligen Differenzialgetriebes hervor, d.h. jener Bereich des Verspann-Winkels, bei welchem das Verspannmoment annähernd null ist.

[0025] Bei Aufbau eines Verspannmoments zwischen der Eintriebs-Welle und den Wellen der Fahrzeug-Achsen ist es von Vorteil, wenn im Zuge des Identifikations-Laufs die Summe aller vorhandenen Getriebeispiele ermittelt wird. Demnach kann aus dem symmetrisch um den Null-Verspann-Drehwinkel liegenden Bereich des Verspann-Drehwinkels die Summe der im Antriebsstrang vorhandenen Getriebeispiele abgeschätzt werden.

[0026] Die Vorrichtung der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang zumindest eine Regeleinrichtung vorgesehen ist, welche dazu eingerichtet ist, Drehwinkel der Welle bzw. Wellen an zwei gesonderten Stellen bzw. eine Drehwinkeldifferenz zwischen zwei gesonderten Stellen im Antriebsstrang zu regeln.

[0027] Je nachdem, ob ein vorder- bzw. hinterradangetriebenes oder ein Allrad-Fahrzeug getestet werden soll, können als Belastungsmaschinen zwei bzw. vier Radmaschinen vorgesehen sein, die an Wellen einer Vorder- und/oder Hinterachse montierbar sind. Die Radmaschinen ersetzen demnach die Vorder- bzw. Hinterräder des Fahrzeugs und sind vorzugsweise dazu ausgelegt, zur Prüfung des Antriebsstrangs unabhängig voneinander Brems- bzw. Antriebsmomente auf die Wellen aufzubringen.

[0028] Zur Erzielung eines Verspannmoments zwischen einer den Hauptantriebsstrang bildenden Antriebs-Welle und den mit den Radmaschinen koppelbaren Wellen der Vorder- bzw. Hinterachse ist es günstig, wenn die Antriebsmaschine einen mit der Antriebs-Welle verbundenen Antrieb aufweist.

[0029] Vorzugsweise ist der Regeleinrichtung zur Erzielung des Soll-Verspannmoments eine bekannte Beziehung zwischen einem Verspann-Drehwinkel bzw. der Drehwinkeldifferenz zugeordnet. Die Regeleinrichtung ist demnach dazu ausgelegt, einen Verspann-Drehwinkel zu regeln, welcher einer Drehwinkeldifferenz zwischen den Wellen entspricht.

[0030] Vorzugsweise weist die Regeleinrichtung ein zentrales Regelelement auf, welches zur Erzielung des Soll-Verspannmoments mit Drehwinkel-Regeleinheiten der Radmaschinen bzw. des Antriebs verbunden ist. Demnach wird zur Erzielung eines gewünschten Soll-Verspannmoments in dem zentralen Regelelement über eine Benutzerschnittstelle oder ein Software-Programm ein Wert für das Soll-Verspannmoment eingestellt. Das Soll-Verspannmoment entspricht dabei gemäß einer bekannten Beziehung einem bestimmten Verspann-Drehwinkel bzw. einer Drehwinkeldifferenz. Der Verspann-Drehwinkel kann gezielt dadurch eingestellt bzw. verändert werden, dass den Radmaschinen- bzw. Antriebs-Regeleinheiten von dem zentralen Regelelement entsprechende Signale zur Steuerung bzw. Regelung der Drehwinkel übermittelt

werden. Die Drehwinkel an den Radmaschinen bzw. am Antrieb werden dann mit Hilfe der den jeweiligen Wellen der Radmaschinen bzw. des Antriebs zugeordneten Regeleinheiten mit hoher Genauigkeit geregelt.

[0031] Hiefür verfügen bzw. verfügt die Radmaschinen-Regeleinheiten bzw. die Antriebs-Regeleinheit jeweils über eine Messvorrichtung zum Messen der Drehwinkel und der Drehmomente sowie über eine Recheneinheit. Zur Regelung des Drehwinkels wird der momentane Drehwinkel mit der Drehwinkel-Messvorrichtung gemessen und an die Recheneinheit geleitet. Die Recheneinheit verfügt über ein Vergleichsglied, mit welchem der gemessene Drehwinkel mit einem Soll-Drehwinkel verglichen wird, welcher beispielsweise einem vorgegebenen zeitlichen Verlauf folgen kann. In Abhängigkeit von dem durchgeführten Vergleich wird ein Regelsignal an die jeweilige Radmaschine bzw. den Antrieb übermittelt, um den Drehwinkel zu regeln bzw. zu steuern. Wesentlich ist dabei, dass der Drehwinkel gemessen wird und nicht durch Integration einer gemessenen Winkelgeschwindigkeit berechnet wird, um das Auflaufen von Messfehlern zu verhindern.

[0032] Als Drehwinkel-Messvorrichtungen sind vorzugsweise Drehwinkelsensoren vorgesehen, die eine magnetische oder optische Maßverkörperung aufweisen. Die Maßverkörperung kann auf einer konzentrisch an der jeweiligen Radmaschine bzw. dem Antrieb zugeordneten Welle ausgerichteten Scheibe oder an einem auf die Welle aufgelegten Band aufgebracht sein. Die Maßverkörperung kann durch diskrete Markierungen bzw. Striche oder sinusförmig verlaufende Helligkeits- oder Magnetisierungswerte gebildet sein. Es hat sich herausgestellt, dass mit Strich-Zahlen bzw. Perioden für den sinusförmigen Verlauf von 128 bis 4000 für den vollen Umfang (360°) eine hinreichende Genauigkeit für die Drehwinkel-Regelung erzielbar ist. Alternativ dazu können als Drehwinkel-Messvorrichtungen auch Resolver vorgesehen sein, worunter allgemein ein elektromagnetischer Messumformer zur Wandlung der Winkellage des Rotors der Radmaschine bzw. des Antriebs in eine elektrische Größe bezeichnet wird.

[0033] Bei einer bevorzugten Ausführung des Prüfstands weist das zentrale Regelement einen Speicher auf, in welchem zumindest eine Kennlinie des Verspannmoments in Abhängigkeit vom Verspann-Drehwinkel bzw. von der Drehwindeldifferenz gespeichert ist. Die Kennlinien werden im Zuge der Test-Durchläufe zum Aufbau der gewünschten Soll-Verspannmomente herangezogen. Dabei ist es insbesondere günstig, wenn der Speicher zumindest eine in einem Identifikations-Lauf ermittelte Kennlinie enthält, mit welcher die Verhältnisse beim geprüften Antriebsstrang möglichst exakt abgebildet werden können.

[0034] Im Hinblick auf eine zweckmäßige Übertragung von Drehmomenten auf den Hauptantriebsstrang bzw. die Antriebs-Welle ist es günstig, wenn als Antrieb ein Elektro-Antrieb, ein Hybrid-Antrieb oder eine Verbrennungskraftmaschine vorgesehen ist.

[0035] Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen noch näher erläutert, auf die sie jedoch keinesfalls beschränkt sein soll. Im Einzelnen zeigen in den Zeichnungen:

[0036] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Prüfstands zum Prüfen eines Fahrzeug-Antriebsstrangs, bei welchem an Wellen der Vorder- bzw. der Hinterachse Radmaschinen angekoppelt sind und eine Drehwinkel-Steuer- bzw. Regeleinrichtung zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang vorgesehen ist;

[0037] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Kennlinie für das Verspannmoment in Abhängigkeit eines Verspann-Drehwinkels;

[0038] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Kennlinie des Verspannmoments für den Fall, dass ein Hinterachs-Differenzialgetriebe gesperrt ist;

[0039] Fig. 4a ein schematisches Blockschaltbild zur Veranschaulichung der Regelung eines Soll-Verspannmoments, wobei ein Eintriebs-Drehwinkel gegenüber dem Mittelwert über Referenz-Drehwinkel an den Radmaschinen verstellt wird, für den Fall, dass eine Antrieb-Drehwinkel-Regeleinheit zwischen dem Antrieb und ei-

nem Schaltgetriebe angeordnet ist;

- [0040]** Fig. 4b ein schematisches Blockschaltbild gemäß Fig. 4a für den Fall, dass die Antrieb-Drehwinkel-Regereinheit dem Schaltgetriebe nachgereiht ist, wobei ein Getriebebeispiel des Schaltgetriebes angenommen wird;
- [0041]** Fig. 5 ein schematisches Blockschaltbild zur Veranschaulichung von zur Laufzeit mit Hilfe von Fahrzeug-Modellen aus den Radmaschinen-Drehmomenten berechneten Werten für die Drehwinkel;
- [0042]** Fig. 6 ein schematisches Blockschaltbild, aus welchem das Grundprinzip der Drehmoment-Regelung über eine Regelung eines Verspann-Drehwinkels ersichtlich ist;
- [0043]** Fig. 7 ein schematisches Blockschaltbild für eine Drehmoment-Regelung bei einer Getriebeprüfung, wobei ein Sollwert für einen Abtriebs-Drehwinkel zur Berechnung eines Soll-Eintriebs-Drehwinkels verwendet wird;
- [0044]** Fig. 8 ein schematisches Blockschaltbild im Wesentlichen wie in Fig. 7 dargestellt, wobei hier ein Ist-Wert für einen Abtriebs-Drehwinkel zur Berechnung des Soll-Eintriebs-Drehwinkels verwendet wird; und
- [0045]** Fig. 9 ein schematisches Blockschaltbild im Wesentlichen wie in Fig. 7 und Fig. 8 dargestellt, wobei ein Mehrgrößen-Regler vorgesehen ist.

[0046] Fig. 1 zeigt schematisch einen Prüfstand 1 zum Testen eines Allrad-Antriebsstrangs 2 eines Fahrzeugs. Hiefür sind an Wellen 3', 3'', 4', 4'' der Vorder- bzw. Hinterachse 3, 4 des Fahrzeugs Radmaschinen 5 angekoppelt, welche die Vorder- bzw. Hinterräder des Fahrzeugs ersetzen. Eine den Hauptantriebsstrang bildende Antriebs-Welle 6 ist mit einem Antrieb 7 verbunden, welcher durch eine Verbrennungskraftmaschine oder einen Elektro- bzw. Hybrid-Antrieb gebildet sein kann. Durch Betätigen eines Fahrhebelstellers des Antriebs 7 kann über eine Kupplung 8 ein Drehmoment auf die Antriebs-Welle 6 aufgebracht werden. Das Drehmoment wird von einem Schaltgetriebe 9 - wahlweise auch einem Automatik-Getriebe - übersetzt und über ein Verteiler-Differenzialgetriebe 10 auf die Vorder- bzw. die Hinterachse 3, 4 aufgeteilt. Ein Vorderachs- bzw. ein Hinterachs-Differenzialgetriebe 11, 12 teilen das Drehmoment auf die Wellen 3', 3'', 4', 4'' der Vorder- bzw. Hinterachse 3, 4 auf. Zum Testen des Antriebsstrangs 2 kann jede der Radmaschinen 5 unabhängig voneinander bremsen bzw. antreiben, um so Fahrwiderstände, Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsmomente oder dergl. testen zu können.

[0047] Bisher wurde bei Prüfständen eine Drehzahl-Regelung für die Radmaschinen eingesetzt, welche zur Vermeidung von unzulässigen Verspannmomenten im Antriebsstrang mit einer Drehmoment-Regelung über eine direkte Regelung des gemessenen Drehmoments kombiniert wurden. Erfindungsgemäß werden zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang 2 an jeweils einer Stelle 2' Drehwinkel φ_{W1-W4} der mit den Radmaschinen 5 gekoppelten Achsen 3, 4 ebenso wie an zumindest einer weiteren Stelle 2' im Antriebsstrang 2 Eintriebs-Drehwinkel ($\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$) der mit dem Antrieb 7 verbundenen Antriebs-Welle 6 bzw. eine Drehwinkeldifferenz zwischen den Stellen 2' bzw. den Wellen 3', 3'', 4', 4'' der Achsen 3, 4 bzw. der Antriebs-Welle 6 geregelt.

[0048] Zu diesem Zweck wird eine Regeleinrichtung 13 zur Verfügung gestellt, welche dazu eingerichtet ist, den Verspannungszustand im Antriebsstrang 2, d.h. ein Verspann- bzw. Torsionsmoment, über eine Regelung der Radmaschinen- bzw. Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{W1-W4}, \varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ einzustellen.

[0049] Die Steuer- bzw. Regeleinrichtung 13 weist Regeleinheiten 14 auf, welche jeweils mit einer Radmaschine 5 verbunden sind. Um zudem die durch den Antrieb 7 bewirkten Verspannmomente gezielt vorgeben zu können, ist dem Antrieb 7 bzw. dem Hauptantriebsstrang 6 ebenfalls eine Regeleinheit 14 zugeordnet.

[0050] Jede Regeleinheit 14 ist dazu ausgelegt, unabhängig von den anderen Regeleinheiten

14 den jeweiligen Drehwinkel (φ_{W1-W4} , φ_0 , φ_1 , φ_2 zu regeln bzw. zu steuern. Hiefür verfügt die Regeleinheit 14 über eine Messvorrichtung 15 und eine Recheneinheit 16. Die Messvorrichtung 15 misst den momentanen Drehwinkel (φ_{W1-W4} , φ_0 , φ_1 , φ_2) einer Welle 3', 3'', 4', 4'', 6 und übermittelt ein entsprechendes Mess-Signal an die jeweilige Recheneinheit 15, wo der momentane Wert für den Drehwinkel (φ_{W1-W4} , φ_0 , φ_1 , φ_2) laufend mit einem Soll-Drehwinkel $\varphi_{W1-W4,soll}$, $\varphi_{0,soll}$, $\varphi_{1,soll}$, $\varphi_{2,soll}$ verglichen wird. In Abhängigkeit von diesem Vergleich wird ein Regelsignal an die mit der jeweiligen Welle 3', 3'', 4', 4'', 6 verbundene Radmaschine 5 bzw. den Antrieb 7 geleitet und zur Regelung des Drehwinkels φ_{W1-W4} , φ_0 , φ_1 , φ_2 herangezogen. Die Messvorrichtung 15 misst zudem das jeweilige Drehmoment T_{W1-W4} welches für eine zusätzliche Momentenregelung herangezogen wird, wie im Zusammenhang mit Fig. 6 noch weiter erläutert wird.

[0051] Zur Messung des Drehwinkels verfügen die Messvorrichtungen 15 über Drehwinkelsensoren, welche eine Messung des Drehwinkels φ_{W1-W4} , φ_0 , φ_1 , φ_2 mit sehr hoher Auflösung im Bereich von $1/10^\circ$ ermöglichen.

[0052] Die Soll-Drehwinkel ($\varphi_{W1-W4,soll}$, $\varphi_{0,soll}$, $\varphi_{1,soll}$, $\varphi_{2,soll}$ an den Drehwinkel-Regeleinheiten 14 können von einem mit den Drehwinkel-Regeleinheiten 14 verbundenen zentralen Regelelement 17 der Regel- bzw. Steuereinrichtung 13 derart vorgegeben werden, dass ein gewünschtes Soll-Verspannmoment im Antriebsstrang 2 erzielt wird.

[0053] Im Speziellen wird zur Erzielung des Verspannmoments ein Verspann-Drehwinkel φ geregelt, welcher einer einfachen Beziehung zwischen den Drehwinkeln φ_{W1-W4} an den Radmaschinen 5 bzw. den Drehwinkeln φ_0 , φ_1 , φ_2 am Antrieb 7 - im Wesentlichen als Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ - folgt, wie im Zusammenhang mit den Fig. 3 und 4 näher erläutert wird.

[0054] Wie aus Fig. 2 schematisch ersichtlich, besteht zwischen dem einer Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ entsprechenden Verspann-Drehwinkel (φ und dem in Fig. 2 mit T bezeichneten Verspannmoment ein Zusammenhang, welcher als Kennlinie 18 im zentralen Regelelement 17 in einem Speicher 19 gespeichert ist. Bei der in Fig. 2 dargestellten Kennlinie 18 ist das Verspannmoment im Wesentlichen als lineare Funktion des Verspann-Drehwinkels φ gegeben. In einem Bereich um den Nullpunkt des Verspann-Drehwinkels φ weicht die Kennlinie vom erwarteten Verlauf ab, indem das für die Verspannung zwischen zwei Wellen 3', 3'', 4', 4'', 6 des Antriebsstrangs 2 charakteristische Verspannmoment konstant Null ist. Dieses Verhalten bildet ein Getriebespiel bzw. Lose $\Delta\varphi_G$ eines der Differenzialgetriebe 10, 11, 12 ab.

[0055] Anhand der Fig. 3 und 4 sollen zwei Fälle für die Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs veranschaulicht werden.

[0056] Beim ersten Fall wird angenommen, dass das Hinterachs-Differenzialgetriebe 12 gesperrt ist. Sobald die Radmaschinen 5 mit voneinander abweichenden Drehwinkeln φ_{W3} , φ_{W4} gedreht werden, wird in der Hinterachse 4 ein Verspannmoment ΔT_R aufgebaut. Dieses steigt in etwa linear mit dem Verspann-Drehwinkel φ , welcher in diesem einfachen Fall als Drehwinkeldifferenz der Radmaschinen-Drehwinkel $\varphi_{W3} - \varphi_{W4}$ gegeben ist. Zum Einstellen des gewünschten Spannungszustands in der Hinterachse 4 wird am zentralen Regelelement 17 ein Soll-Verspannmoment $\Delta T_{R,soll}$ vorgegeben. Das zentrale Regelelement 17 vergleicht dann dieses Soll-Verspannmoment mit dem Ist-Verspannmoment, welches gemäß der zugrundeliegenden Kennlinie 18 einem Verspann-Drehwinkel φ entspricht. In Abhängigkeit vom Ergebnis dieses Vergleichs werden Soll-Werte für die Radmaschinen-Drehwinkel $\varphi_{W3,W4,soll}$ an die Radmaschinen-Regeleinheiten 14 übermittelt, welche die Drehwinkel $\varphi_{W3,W4}$ zur Angleichung an die Drehwinkel-Sollwerte $\varphi_{W3,W4,soll}$ regeln. Da die Beziehung zwischen dem Verspannmoment ΔT_R und dem Verspann-Drehwinkel φ vom geprüften Antriebsstrang abhängt, wird die Kennlinie 18 für das Verspannmoment ΔT_R vorab in einem Identifikations-Lauf ermittelt.

[0057] Aus der in Fig. 3 veranschaulichten Kennlinie 18 für das Verspannmoment ΔT_R ist überdies ein Getriebespiel $\Delta\varphi_{RD}$ des Hinterachs-Differenzialgetriebes 12 ersichtlich. Wenn die Drehwinkel $\varphi_{W3,W4}$ an den Radmaschinen 5 vom unverspannten Zustand relativ zueinander verändert werden, wird solange kein Verspannmoment ΔT_R aufgebaut, bis sich die Zahnflanken im Hinterachs-Differenzialgetriebe 12 zu berühren beginnen. Sobald ein Verspannmoment ΔT_R

vorliegt, bedeutet das gleichzeitig, dass sich die Zahnflanken des Differenzialgetriebes 12 berühren. Das Verspannmoment ΔT_R folgt bei weiter erhöhtem Verspannwinkel φ im Wesentlichen der linearen Beziehung. Werden die Drehwinkel ($\varphi_{W3,W4}$ an den Radmaschinen gegenläufig verändert, so wird zunächst das Verspannmoment ΔT_R abgebaut und verschwindet schließlich vollständig, wenn sich die Zahnräder nicht mehr berühren. Bei einer weiteren Veränderung der relativen Beziehung zwischen den Radmaschinen-Drehwinkeln $\varphi_{W3,W4}$ wird wieder ein Verspannmoment ΔT_R aufgebaut, welches dann allerdings ein umgekehrtes Vorzeichen aufweist.

[0058] Sofern mehrere Getriebe 9, 10, 11, 12 im verspannten Antriebsstrang 2 vorliegen, bildet der Bereich des Verspannwinkels φ mit verschwindendem Verspannmoment ΔT die Summe der vorhandenen Getriebeispiele $\Delta\varphi$ ab.

[0059] Bei einem zweiten Fall, welcher anhand der schematischen Darstellungen von Fig. 1 bzw. Fig. 4a und 4b erläutert wird, wird ein Soll-Verspannungszustand zwischen dem Eintriebs-Drehwinkel φ_0 , φ_1 , φ_2 und den Radmaschinen-Drehwinkeln φ_{W1-W4} eingestellt. Für die Differenzialgetriebe 10, 11, 12 wird dabei der nicht gesperrte Zustand angenommen. Zudem wird hier lediglich ein nicht verschwindendes Getriebeispiel $\Delta\varphi T_R$ für das Schaltgetriebe 9 angenommen, wobei Getriebeispiele $\Delta\varphi_{CD}$, $\Delta\varphi_{FD}$, $\Delta\varphi_{RD}$ der Differenzialgetriebe 10, 11, 12 nicht berücksichtigt werden.

[0060] Analog wie beim zuvor beschriebenen Fall wird mit Bezug auf Fig. 4a am zentralen Regelelement 17 ein Soll-Verspannmoment $T_{2,soll}$ vorgegeben, welches im Antriebsstrang 2 eingestellt werden soll. Die im Speicher 19 des zentralen Regelelements 17 abgelegte Kennlinie 18 gibt den Zusammenhang zwischen dem Soll-Verspannungsmoment $T_{2,soll}$ und dem Verspann-Drehwinkel an, welcher in diesem Fall als Differenz zwischen dem Soll-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,soll}$ und einem gemittelten Referenz-Drehwinkel $\varphi_{2,ref}$ gebildet wird. Der gemittelte Referenz-Drehwinkel $\varphi_{2,ref}$ wird als Hilfsgröße im Wesentlichen durch das arithmetische Mittel über Referenz-Drehwinkel $\Delta\varphi_{F3,F4,R3,R4,ref}$ an den einzelnen Radmaschinen 5 im unverspannten Zustand gebildet. Mit anderen Worten bedeutet das, dass im Antriebsstrang 3 gerade dann kein Verspannmoment aufgebaut wird, wenn der gemittelte Referenz-Drehwinkel $\varphi_{2,ref}$ dem Soll-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,soll}$ entspricht, wie auch aus den in Fig. 4a bzw. Fig. 4b dargestellten Kennlinien 18 ersichtlich.

[0061] Die Beobachtung, dass der Referenz-Drehwinkel $\varphi_{2,ref}$ für den Soll-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,soll}$ im Wesentlichen dem arithmetischen Mittelwert der Referenz-Drehwinkel $\varphi_{F3,F4,R3,R4,ref}$ der einzelnen Radmaschinen 5 entspricht, soll nachstehend im Zusammenhang mit Fig. 1 erörtert werden, wo die an den jeweiligen Wellen 3', 3'', 4', 4'', 6 auftretenden Drehwinkel φ_{W1-W4} , φ_0 , φ_1 , φ_2 eingezeichnet sind.

[0062] Demnach werden an den Radmaschinen-Regeleinheiten 14 Ist-Drehwinkel φ_{W1-W4} geregelt, welche als Referenz-Drehwinkel $\varphi_{F3,F4,R3,R4,ref}$ angenommen werden,

$$\varphi_{F3,ref} = \varphi_{W1} \quad , \quad \varphi_{F4,ref} = \varphi_{W2} \quad , \quad \varphi_{R3,ref} = \varphi_{W3} \quad , \quad \varphi_{R4,ref} = \varphi_{W4} \quad (1) - (4) .$$

[0063] An einer Welle 20 zwischen dem Vorderachs-Differenzialgetriebe 11 und dem Verteiler-Differenzialgetriebe 10 ergeben sich die Referenz-Drehwinkel $\varphi_{F1,F2,ref}$ im Wesentlichen als Mittelwert der Referenz-Drehwinkel $\varphi_{F3,F4,ref}$, $\varphi_{R3,R4,ref}$, wobei das Übersetzungsverhältnis des Vorderachs-Differenzialgetriebes 11 als Proportionalitätsfaktor i_{FD} auftritt:

$$\varphi_{F1,ref} = \varphi_{F2,ref} = i_{FD} \frac{\varphi_{F3,ref} + \varphi_{F4,ref}}{2} \quad (5) .$$

[0064] Analog dazu gilt für die Hinterachs-Referenz-Drehwinkel $\varphi_{R1,R2,ref}$ die Beziehung.

$$\varphi_{R1,ref} = \varphi_{R2,ref} = i_{RD} \frac{\varphi_{R3,ref} + \varphi_{R4,ref}}{2} \quad (6) ,$$

[0065] wobei mit i_{RD} das Übersetzungsverhältnis des Hinterachs-Differenzialgetriebes 12 bezeichnet ist.

[0066] Für die Referenz-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,ref}$, $\varphi_{3,ref}$, $\varphi_{1,ref}$ ergibt sich daher mit dem Übersetzungsverhältnis i_{CD} des Verteilergetriebes 10 bzw. dem Übersetzungsverhältnis i_{TR} des Schaltgetriebes 9:

$$\varphi_{2,ref} = \varphi_{3,ref} = i_{CD} \frac{\varphi_{F1,ref} + \varphi_{R1,ref}}{2} \quad \text{bzw.} \quad \varphi_{1,ref} = i_{TR} \varphi_{2,ref} \quad (7), (8).$$

[0067] Durch Einsetzen der Gleichungen (5) bzw. (6) in (7) bzw. (8) erhält man die zuvor schon postulierte Beziehung des Referenz-Eintriebs-Drehwinkels $\varphi_{2,ref}$ als Mittelwert über die Radmaschinen-Drehwinkel φ_{W1-W4} gewichtet mit den Übersetzungsverhältnissen der Getriebe 9-12.

[0068] Zur Erzielung des Soll-Verspannmoments $T_{2,soll}$ können nun zwei Möglichkeiten unterschieden werden.

[0069] Bei der ersten Möglichkeit wird den Radmaschinen-Regeleinheiten 14 vom zentralen Regelement 17 der Steuer- bzw. Regeleinrichtung 13 ein Zeitverlauf für die Radmaschinen-Soll-Drehwinkel $\varphi_{W1-W4,soll}$ vorgegeben, wobei der Eintriebs-Drehwinkel φ_2 gegenüber dem in Abhängigkeit von den Radmaschinen-Drehwinkeln φ_{W1-W4} gemäß Gleichung (7) bzw. (8) ermittelten Referenz-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,ref}$ verstellt wird, um so gezielt das gewünschte Verspannmoment $T_{2,soll}$ einzustellen.

[0070] Alternativ dazu - wie dies in Fig. 4a dargestellt ist - kann der Zeitverlauf des Soll-Eintriebs-Drehwinkels $\varphi_{2,soll}$ vorgegeben werden, wobei das zentrale Regelement 17 den gewünschten zeitlichen Verlauf für den Soll-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,soll}$ an die Eintriebs-Regeleinheit 14 übermittelt und die Drehwinkel (φ_{W1-W4} an den Radmaschinen 5 gegenüber dem Soll-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{2,soll}$ verstellt werden.

[0071] Der einzige Unterschied zwischen den Drehwinkelregelungen gemäß Fig. 4a und Fig. 4b besteht darin, dass gemäß Fig. 4b der Eintriebs-Drehwinkel φ_1 , welcher dem Drehwinkel der Antriebs-Welle 6 nach dem Schaltgetriebe 9 entspricht, relativ zum gemittelten Referenz-Drehwinkel $\varphi_{1,ref}$ verstellt wird, so dass aus der Kennlinie 18 das als nicht verschwindend angenommene Getriebeispiel $\Delta\varphi_{TR}$ ersichtlich ist.

[0072] Die Sollwerte für die Radmaschinen-Drehwinkel $\Delta\varphi_{W1-W4,soll}$ können entweder durch im Vorhinein festgelegte, zeitlich veränderliche Werte für Winkel, Winkelgeschwindigkeit oder Drehzahl vorgegeben werden oder zur Laufzeit ("online") über ein mathematisches Modell aus den Drehmomenten T_{W1-W4} berechnet werden, wie in Fig. 5 schematisch veranschaulicht ist. Dabei werden die Drehmomente T_{w1-w4} als Eingangsgrößen für ein Fahrzeug-, Rad- und Reifenmodell herangezogen, um entsprechende Werte für die Radmaschinen-Drehwinkel-Sollwerte $\varphi_{W1-W4,soll}$ zu berechnen.

[0073] Das grundlegende Prinzip der erfindungsgemäßen Regelungstechnik zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments in einem Antriebsstrang eines Fahrzeugs bzw. allgemein einem Prüfling ist auch aus dem in Fig. 6 dargestellten Blockschaltbild ersichtlich. Zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments T_{soll} ist ein in Fig. 6 mit einer punktierten Box gekennzeichnete Regelkreis für einen Verspann-Drehwinkel bzw. eine Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ vorgesehen, wobei mit Hilfe eines Reglers R_1 eine Ist-Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi_{ist}$ auf eine Soll-Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi_{soll}$ geregelt wird, wofür der vom Regler R_1 ermittelte Stellwert u auf die Regelstrecke wirkt. Eine Vorsteuerung für eine Soll-Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi_{soll}$, welche dem Regelkreis für die Verspann-Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ vorgeschaltet ist, macht sich eine Kennlinie 18 für das Verspannmoment T in Abhängigkeit von der Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ zunütze. Die Kennlinie 18 kann sich im Betrieb ändern, wobei sich insbesondere Hystereseeffekte bemerkbar machen, welche zur Folge haben, dass ein und diesselbe Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ unterschiedliche Verspannmomente T bewirken kann, abhängig von der Richtung, mit welcher die Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi$ erreicht wurde. Daher kann es sinnvoll sein, wie in Fig. 6 dargestellt, zudem das Ist-

Verspannmoment T_{ist} zu regeln; der Großteil von $\Delta\varphi_{\text{soll}}$ stammt jedoch von der Vorsteuerung für $\Delta\varphi_{\text{soll}}$.

[0074] Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild, aus welchem die Erzielung eines Soll-Eintriebs-Verspannmoments $T_{E,\text{soll}}$ eines Antriebs 7 im Zuge einer Getriebeprüfung eines Prüflings P, d.h. eines Kraftfahrzeuges mit angeflanschter Radmaschine 5, ersichtlich ist. Dabei ist analog zum Schaltbild gemäß Fig. 6 eine Vorsteuerung für einen Soll-Verspann-Drehwinkel bzw. eine Soll-Drehwinkeldifferenz $\Delta\varphi_{\text{soll}}$ vorgesehen. Zur Berechnung eines Soll-Eintriebs-Drehwinkels $\varphi_{E,\text{soll}}$ des Antriebs 7 wird ein Soll-Abtriebs-Drehwinkel $\varphi_{A,\text{soll}}$ der Radmaschine 5 herangezogen, welcher aus einem Sollwert für die Drehzahl $n_{A,\text{soll}}$ der Radmaschine 5 ermittelt wird. Die Umrechnung der Drehzahl $n_{A,\text{soll}}$ in die Winkelgeschwindigkeit $d\varphi_{A,\text{soll}}/dt$ erfolgt über den Proportionalitätsfaktor $\pi/30$, so dass nach Integration der Winkelgeschwindigkeit $d\varphi_{A,\text{soll}}/dt$ der Soll-Abtriebs-Drehwinkel $\varphi_{A,\text{soll}}$ erhalten wird. An der Stelle 2' im Antriebsstrang 2 wird der Eintriebs-Drehwinkel φ_E geregelt und an einer weiteren Stelle 2' der Abtriebs-Drehwinkel φ_A , wobei die Drehwinkel jeweils in einem gesonderten Regelkreis geregelt werden und Regler R_{E1} bzw. R_{A1} Stellgrößen u_E bzw. u_A für dem Antrieb 7 bzw. der Radmaschine 5 zugeordnete Stromrichter SR_A bzw. SR_E liefern. Die Vorgabe einer abtriebsseitigen Soll-Drehzahl $n_{A,\text{soll}}$ und eines antriebsseitigen Soll-Drehmoments $T_{E,\text{soll}}$ entspricht einer üblichen Vorgangsweise in der Prüfstandspraxis, die hier beispielhaft dargestellt wird.

[0075] In den Fig. 8 und 9 sind gegenüber Fig. 7 modifizierte Block-Schaltbilder gezeigt, welche jeweils einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Drehwinkelregelung entsprechen.

[0076] Gemäß Fig. 8 wird anstelle des Soll-Abtriebs-Drehwinkels $\varphi_{A,\text{soll}}$ der Ist-Abtriebs-Drehwinkel $\varphi_{A,\text{ist}}$ zur Berechnung vom Soll-Eintriebs-Drehwinkel $\varphi_{E,\text{soll}}$ herangezogen. Prinzipbedingt gibt es zwischen $\varphi_{A,\text{soll}}$ und $\varphi_{A,\text{ist}}$ eine Differenz, die vom Regler R_A und vom Prüfling P abhängt. In Abhängigkeit vom Prüfling P kann demnach einmal die Variante nach Fig. 7 und ein anderes Mal die Variante nach Fig. 8 vorteilhafter sein.

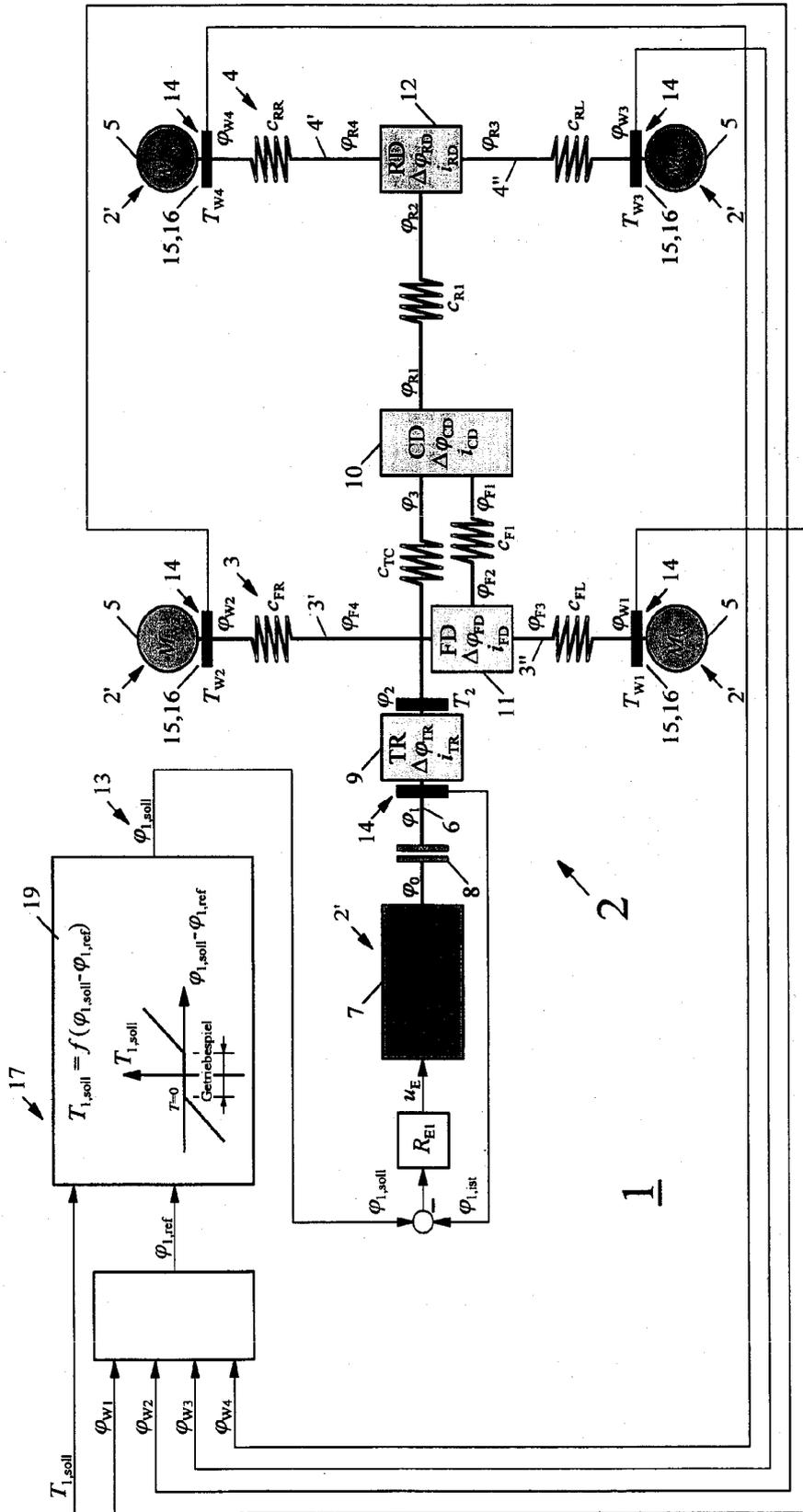
[0077] Aus Fig. 9 ist ein Mehrgrößen-Regler R ersichtlich, welcher die in den Fig. 7 und 8 dargestellten Regler R_{E1} bzw. R_{A1} für die getrennten Regelkreise des Eintriebs-Drehwinkels φ_E bzw. des Abtriebs-Drehwinkels φ_A ersetzt. Bei den in Fig. 7 und Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispielen wird die Stellgröße u_E des Antriebs 7 vom Regler R_{E1} vorgegeben, der hierfür nur die Differenz zwischen $\varphi_{E,\text{soll}}$ und $\varphi_{E,\text{ist}}$ verwendet. Gleiches gilt für die Eingangsgröße u_A der Radmaschine 5, die vom Regler R_{A1} nur aufgrund der Differenz zwischen $\varphi_{A,\text{soll}}$ und $\varphi_{A,\text{ist}}$ berechnet wird. Tatsächlich handelt es sich aber beim Prüfling P samt Antrieb 7 und Radmaschine 5 um ein Mehrgrößensystem, bei dem beide Eingangsgrößen u_E und u_A jeweils auf alle Ausgangsgrößen $\varphi_{E,\text{ist}}$, $T_{E,\text{ist}}$ und $\varphi_{A,\text{ist}}$ wirken. Aus regelungstechnischer Sicht ist es daher sinnvoll, für die Berechnung der Eingangsgrößen u_E und u_A nicht jeweils nur die Differenzen $\varphi_{E,\text{soll}} - \varphi_{E,\text{ist}}$ und $\varphi_{A,\text{soll}} - \varphi_{A,\text{ist}}$ sondern alle zur Verfügung stehenden Informationen zu verwenden; eine Mehrgrößenregelung bzw. „multivariable control“ ist im Stand der Technik grundsätzlich bekannt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Antriebsstrangs (2) eines Fahrzeugs mit zumindest einer Welle (3', 3'', 4', 4'', 6), **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang (2) die Drehwinkel (φ_{W1-W4} ; $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$; φ_E, φ_A) der Welle bzw. Wellen (3', 3'', 4', 4'', 6) an zumindest zwei gesonderten Stellen (2') im Antriebsstrang (2) geregelt werden bzw. eine Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) zwischen zumindest zwei Stellen (2') im Antriebsstrang (2) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehwinkel (φ_{W1-W4}) der Welle bzw. Wellen (3', 3'', 4', 4'') zumindest einer Vorder- oder Hinterachse (3, 4) des Antriebsstrangs (2) geregelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Eintriebs-Drehwinkel ($\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$) einer Antriebs-Welle (6) des Antriebsstrangs (2) geregelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erzielung des Soll-Verspannmoments eine bekannte Beziehung zwischen der Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) und dem Verspannmoment verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) im Wesentlichen als Differenz zwischen den Drehwinkeln (φ_{W1-W4}) an zumindest zwei Stellen (2') der Welle bzw. Wellen (3', 3'', 4', 4'', 6) ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) im Wesentlichen als Differenz zwischen dem Eintriebs-Drehwinkel ($\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$) einer Antriebs-Welle (6) und dem Mittelwert der Drehwinkeln (φ_{W1-W4}) der Wellen (3', 3'', 4', 4'') der Vorder- und/oder Hinterachsen (3,4) ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beziehung zwischen der Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) und dem Verspannmoment als Kennlinie (18) gespeichert ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kennlinie (18) in einem Identifikations-Lauf ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Zuge des Identifikations-Laufs zumindest ein Getriebespiel ($\Delta\varphi_{TR}, \Delta\varphi_{CD}, \Delta\varphi_{FD}, \Delta\varphi_{RD}$) ermittelt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Zuge des Identifikations-Laufs die Summe aller vorhandenen Getriebespiele ($\Delta\varphi_{TR}, \Delta\varphi_{CD}, \Delta\varphi_{FD}, \Delta\varphi_{RD}$) ermittelt wird.
11. Prüfstand zum Prüfen eines Antriebsstrangs (2) eines Fahrzeugs mit zumindest einer Welle (3', 3'', 4', 4'', 6), an welche eine Belastungs- bzw. Antriebsmaschine (5, 7) koppelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erzielung eines Soll-Verspannmoments im Antriebsstrang (2) zumindest eine Regeleinrichtung (13) vorgesehen ist, welche dazu eingerichtet ist, Drehwinkel ($\varphi_{W1-W4}; \varphi_0, \varphi_1, \varphi_2; \varphi_E, \varphi_A$) der Welle bzw. Wellen (3', 3'', 4', 4'', 6) an zwei gesonderten Stellen (2') bzw. eine Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) zwischen zwei gesonderten Stellen (2') im Antriebsstrang (2) zu regeln.
12. Prüfstand nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Belastungsmaschinen zumindest zwei, vorzugsweise vier, Radmaschinen (5) vorgesehen sind, die an Wellen (3', 3'', 4', 4'') einer Vorder- und/oder Hinterachse (3, 4) montierbar sind.
13. Prüfstand nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebsmaschine einen mit einer Antriebs-Welle (6) verbundenen Antrieb (7) aufweist.
14. Prüfstand nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regeleinrichtung (13) zur Erzielung des Soll-Verspannmoments eine bekannte Beziehung zwischen einem Verspann-Drehwinkel (φ) bzw. der Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) zugeordnet ist.
15. Prüfstand nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinrichtung (13) ein zentrales Regelelement (17) aufweist, welches zur Erzielung des Soll-Verspannmoments mit Drehwinkel-Regeleinheiten (14) der Radmaschinen (5) bzw. des Antriebs (7) verbunden ist.
16. Prüfstand nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zentrale Regelelement (17) einen Speicher (19) aufweist, in welchem zumindest eine Kennlinie (18) des Verspannmoments in Abhängigkeit vom Verspann-Drehwinkel (φ) bzw. von der Drehwinkeldifferenz ($\Delta\varphi$) gespeichert ist.
17. Prüfstand nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Speicher (19) zumindest eine in einem Identifikations-Lauf ermittelte Kennlinie (18) enthält.
18. Prüfstand nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Antrieb (7) ein Elektro-Antrieb, ein Hybrid-Antrieb oder eine Verbrennungskraftmaschine vorgesehen ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen



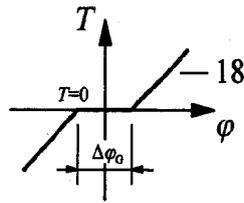


Fig. 2

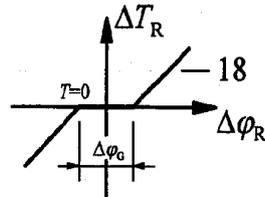


Fig. 3

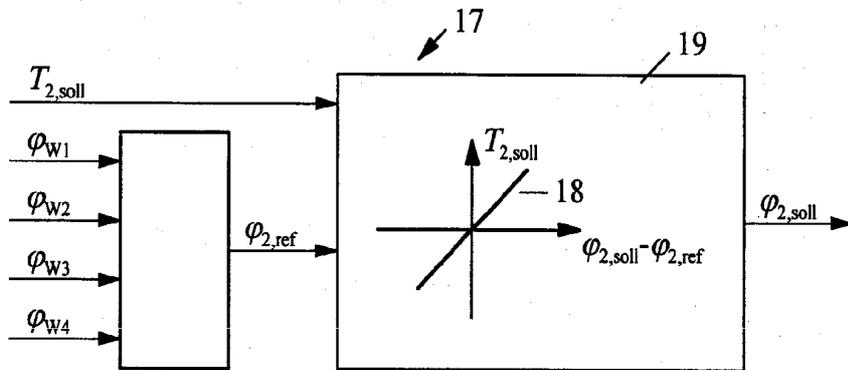


Fig. 4a

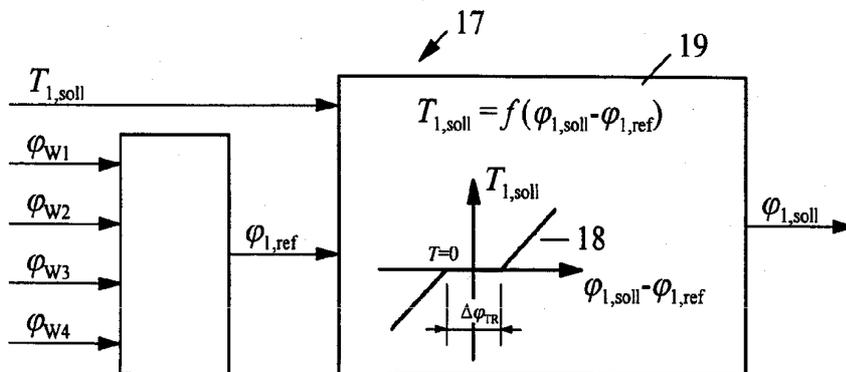


Fig. 4b

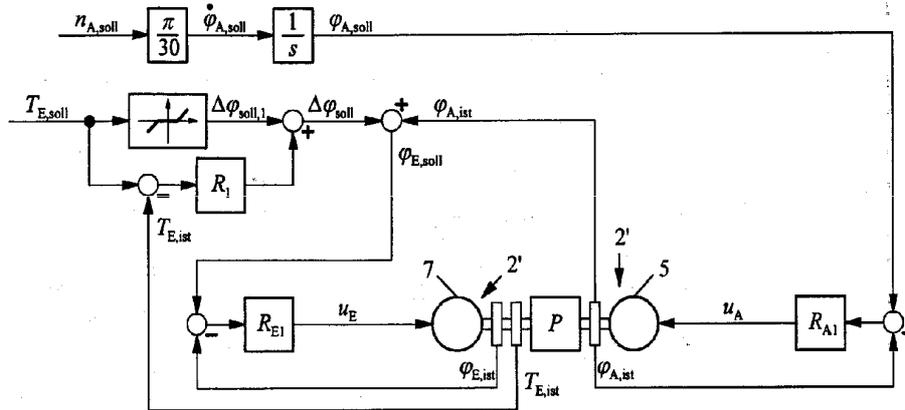


Fig. 8

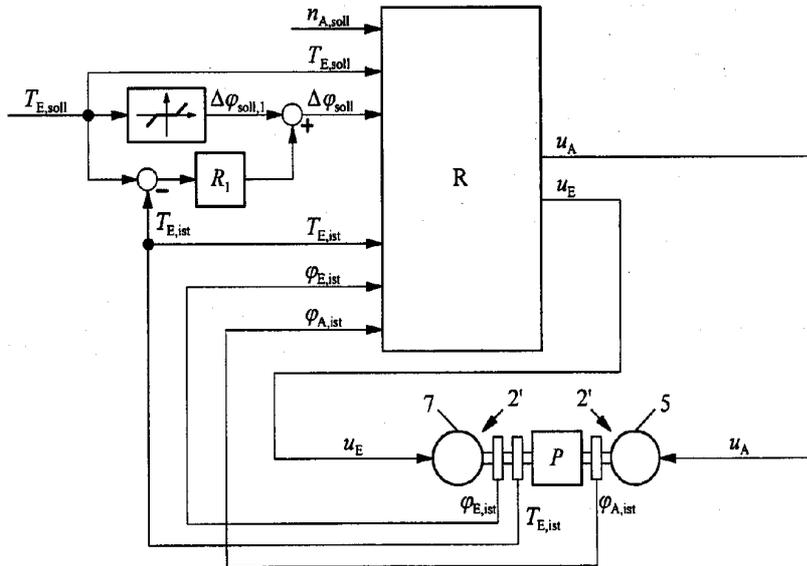


Fig. 9