



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 005 378 A1** 2010.04.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 005 378.6**

(22) Anmeldetag: **21.01.2009**

(43) Offenlegungstag: **15.04.2010**

(51) Int Cl.⁸: **B60K 17/34 (2006.01)**

B60K 23/08 (2006.01)

F16D 48/12 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2008 051 461.6 13.10.2008

(71) Anmelder:

MAGNA Powertrain AG & Co KG, Lannach, AT

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München**

(72) Erfinder:

**Quehenberger, Johannes, Saalbach, AT; Kaimer,
Simon, Fernitz, AT; Parigger, Martin, Eggersdorf,
AT**

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

DE 10 2008 044791 A1

DE 100 10 703 A1

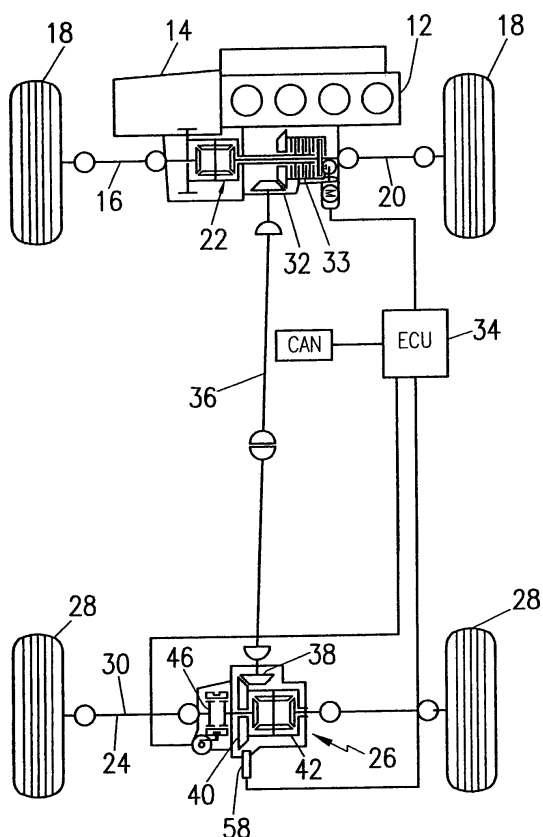
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit einer permanent angetriebenen Primärachse, umfassend: eine Antriebseinheit zum Erzeugen eines Antriebsmoments; eine erste Kupplung zum Übertragen eines variablen Teils des Antriebsmoments an eine Sekundärachse des Kraftfahrzeugs; eine zweite Kupplung zum Stilllegen eines zwischen der ersten Kupplung und der zweiten Kupplung angeordneten Drehmomentübertragungsabschnitts des Antriebsstrangs, wenn die erste Kupplung geöffnet ist; und eine Steuereinheit zum automatischen Steuern der ersten Kupplung, wobei die Steuereinheit mit wenigstens einem Sensor zur Detektion eines Radschlupfs an der Primärachse verbunden ist; wobei die Steuereinheit dazu ausgebildet ist, ausgehend von einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts in Abhängigkeit von einem detektierten Radschlupf an der Primärachse die zweite Kupplung zu schließen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit einer permanent angetriebenen Primärachse, welche eine Antriebseinheit zum Erzeugen eines Antriebsmoments, eine erste Kupplung zum Übertragen eines variablen Teils des Antriebsmoments an eine Sekundärachse des Kraftfahrzeugs, eine zweite Kupplung zum Stilllegen eines zwischen der ersten Kupplung und der zweiten Kupplung angeordneten Drehmomentübertragungsabschnitts des Antriebsstrangs, wenn die erste Kupplung geöffnet ist, und eine Steuereinheit zum automatischen Steuern der ersten Kupplung umfasst, wobei die Steuereinheit mit wenigstens einem Sensor zur Detektion eines Radschlupfs an der Primärachse verbunden ist.

[0002] Ein derartiger Antriebsstrang ist beispielsweise aus der US 5,411,110 bekannt. Er bietet dem Fahrer des Kraftfahrzeugs die Möglichkeit, zwischen einem permanenten Zweiradantriebsmodus, bei welchem der Antrieb des Fahrzeugs ausschließlich über die Primärachse erfolgt, und einem automatischen Vierradantriebsmodus, einem sogenannten "On-Demand Drive Mode", zu wählen, bei welchem unter bestimmten Fahrbedingungen, beispielsweise wenn die durch die Primärachse angetriebenen Räder durchdrehen, automatisch ein gewisser Anteil des Antriebsmoments auf die Räder der Sekundärachse übertragen wird, um einen zeitweisen Vierradantrieb bereitzustellen.

[0003] Um zu verhindern, dass im permanenten Zweiradantriebsmodus nicht benötigte Teile des Antriebsstrangs, insbesondere unnötige Massen, mitbewegt werden, ist bei dem Antriebsstrang der US 5,411,110 eine Stilllegung des zur Sekundärachse führenden Drehmomentübertragungsabschnitts vorgesehen, indem die zweite Kupplung ausgerückt wird.

[0004] Sobald der Fahrer des Kraftfahrzeugs den automatischen Vierradantriebsmodus auswählt, wird die zweite Kupplung geschlossen. Der Drehmomentübertragungsabschnitt ist nun drehfest mit der Sekundärachse verbunden, damit bei Bedarf möglichst schnell Antriebsmoment an die Sekundärachse übertragen werden kann. Im automatischen Vierradantriebsmodus dreht sich der Drehmomentübertragungsabschnitt während der Fahrt also ständig mit, da er bei geschlossener erster Kupplung durch die Antriebseinheit und bei geöffneter erster Kupplung durch die Sekundärachse angetrieben wird. Dies geht letztlich zu Lasten der Kraftstoffwirtschaftlichkeit.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Antriebsstrang zu schaffen, der bei verbesserter Kraftstoffwirtschaftlichkeit eine schnelle bedarfsab-

hängige Übertragung von Antriebsmoment an die Sekundärachse ermöglicht.

[0006] Die Aufgabe wird durch einen Antriebsstrang mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und insbesondere dadurch gelöst, dass die Steuereinheit dazu ausgebildet ist, ausgehend von einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts in Abhängigkeit von einem detektierten Radschlupf einer Primärachse die zweite Kupplung zu schließen.

[0007] Der Erfindung liegt also der allgemeine Gedanke zugrunde, den Drehmomentübertragungsabschnitt auch in einem automatischen Vierradantriebsmodus grundsätzlich in einem stillgelegten Zustand zu halten und nur dann durch Schließen der zweiten Kupplung drehfest mit der Sekundärachse zu koppeln, wenn an der Primärachse ein Radschlupf detektiert wird, d. h. wenn die gemittelte Drehzahl der Räder der Primärachse die gemittelte Drehzahl der Räder der Sekundärachse um einen vorbestimmten (optional vom Lenkwinkel abhängigen) Betrag übersteigt.

[0008] Somit wird in dem Automatischen Vierradantriebsmodus nicht nur die erste Kupplung, sondern auch die zweite Kupplung in Abhängigkeit von der Detektion eines Radschlupfs an der Primärachse gesteuert. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass der Drehmomentübertragungsabschnitt z. B. mit der Sekundärachse bereits drehfest verbunden ist, wenn die erste Kupplung beginnt, den gewünschten Teil des Antriebsmoments an die Sekundärachse zu übertragen.

[0009] Erfindungsgemäß ist der Drehmomentübertragungsabschnitt unter normalen Fahrbedingungen auch im automatischen Vierradantriebsmodus überwiegend stillgelegt, wodurch das Fahrzeug über einen längeren Zeitraum bzw. über größere Strecken in einem Zweirad-Modus (2WD) fährt als bei herkömmlichen Systemen und somit eine bessere Kraftstoffwirtschaftlichkeit erreicht wird. Gleichzeitig kann durch das Schließen der zweiten Kupplung in Abhängigkeit von der Detektion eines Radschlupfes an der Primärachse sichergestellt werden, dass der Drehmomentübertragungsabschnitt innerhalb kürzester Zeit, beispielsweise innerhalb weniger 100 Millisekunden, z. B. innerhalb von 200 bis 300 Millisekunden, drehfest mit der Sekundärachse verbunden wird, sodass die erste Kupplung bei durch die Steuereinheit ermitteltem Bedarf nahezu verzögerungsfrei einen gewünschten Anteil des Antriebsmoments an die Sekundärachse übertragen kann. Auf diese Weise werden erfindungsgemäß nicht nur eine erhöhte Kraftstoffwirtschaftlichkeit, sondern auch eine erhöhte Fahrsicherheit und verbesserte Fahrleistungen erreicht.

[0010] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind

den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung zu entnehmen.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform handelt es sich bei der ersten Kupplung um eine nasse oder trockene Lamellenkupplung. Dabei kann die erste Kupplung Teil eines Verteilergetriebes oder einer Drehmomentabzweigungseinrichtung (Power Take-Off Unit) sein, welches bzw. welche beispielsweise einem Wechselgetriebe des Kraftfahrzeugs nachgelagert ist. Bei der zweiten Kupplung handelt es sich vorzugsweise um eine Klauenkupplung, die elektromechanisch oder hydraulisch betätigbar sein kann.

[0012] Um ein möglichst weiches, d. h. für einen Fahrzeuginsassen nicht spürbares, und gleichzeitig materialschonendes Einrücken der zweiten Kupplung sicherzustellen, ist vorzugsweise eine, insbesondere durch die Steuereinheit gesteuerte, Synchronisiereinrichtung vorgesehen, durch welche der stillgelegte Drehmomentübertragungsabschnitt vor einem Einrücken der zweiten Kupplung beschleunigbar ist, beispielsweise zumindest annähernd auf die Drehzahl der Sekundärachse beschleunigbar ist.

[0013] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist die Synchronisiereinrichtung durch die erste Kupplung gebildet. Auf diese Weise erfüllt die erste Kupplung eine Doppelfunktion, indem sie nicht nur zur Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts mit der Sekundärachse, sondern auch zur anschließenden Übertragung von Antriebsmoment von der Antriebseinheit an die Sekundärachse dient. Eine zusätzliche Synchronisiereinrichtung ist somit grundsätzlich nicht erforderlich, wodurch eine kompaktere und leichtere Bauform des Antriebsstrangs erreicht wird, was letztlich einer noch besseren Kraftstoffwirtschaftlichkeit zugute kommt.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Synchronisiereinrichtung aber auch eine von der ersten Kupplung unabhängige Synchronisier Vorrichtung umfassen, die zum Beispiel zusätzlich zu der ersten Kupplung vorgesehen ist. Eine derartige Synchronisier Vorrichtung kann beispielsweise in die zweite Kupplung, d. h. die Klauenkupplung integriert sein, so dass die Klauenkupplung gewissermaßen selbst als Synchronisiereinrichtung wirkt. In diesem Fall würden die erste und die zweite Kupplung beide so angesteuert, dass sie gemeinsam zu einer Synchronisierung beitragen.

[0015] Denkbar ist außerdem eine Ausführungsform, bei welcher die Beschleunigung des stillgelegten Drehmomentübertragungsabschnitts zumindest annähernd ausschließlich durch die von der ersten Kupplung unabhängige Synchronisier Vorrichtung erfolgt, beispielsweise durch die zweite Kupplung, d. h. die Klauenkupplung. Diese Variante erweist sich z. B.

in einem Antriebsstrang als besonderes vorteilhaft, bei dem aus Platzgründen die erste Kupplung an der Sekundärachse und die zweite Kupplung an der Primärachse angeordnet ist. In diesem Fall wird der stillgelegte Drehmomentübertragungsabschnitt durch die z. B. in die zweite Klauenkupplung integrierte Synchronisier Vorrichtung also zumindest annähernd auf die Drehzahl der Primärachse beschleunigt. Die zweite Kupplung kann hierzu eine Synchronisier Vorrichtung ohne Sperreinrichtung aufweisen, so dass sie sich auch dann einrücken lässt, wenn keine Drehzahlidentität zwischen den in Eingriff zu bringenden Kupplungsteilen herrscht.

[0016] Entsprechend kann die Steuereinheit bei dieser Variante dazu ausgebildet sein, ausgehend von einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts in Abhängigkeit von einem detektierten Radschlupf einer Primärachse zuerst die zweite Kupplung zu schließen und danach die erste Kupplung zu schließen.

[0017] Grundsätzlich ist die Steuereinheit vorteilhafterweise dazu ausgebildet, den Drehmomentübertragungsabschnitt so zu beschleunigen, dass eine aus der Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts resultierende Längsbeschleunigung des Fahrzeugs für einen Fahrzeuginsassen zumindest kaum spürbar ist und einen Beschleunigungsgrenzwert, der die Wahrnehmungsschwelle nicht oder kaum überschreitet, aber möglichst nahe daran liegt, nicht übersteigt.

[0018] Der Beschleunigungsgrenzwert kann in Abhängigkeit von Umgebungsfaktoren vorgegeben sein, wie z. B. der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Fahrzeugbeschleunigung, dem Rauschen in einem Fahrzeuggeschwindigkeits- und/oder Fahrzeugbeschleunigungssignal, dem Straßenzustand, einem an der Primärachse detektierten Radschlupf, Pedalstellungen, Lenkradstellung und/oder weiteren Werten. Auf diese Weise ist es möglich, den Drehmomentübertragungsabschnitt unter Berücksichtigung äußerer Umstände innerhalb kürzester Zeit und für einen Fahrzeuginsassen im Wesentlichen nicht spürbar auf die Drehzahl der Sekundärachse zu bringen und mit dieser drehfest zu verbinden.

[0019] Die Steuereinheit kann ferner dazu ausgebildet sein, den Drehmomentübertragungsabschnitt gemäß einem vorbestimmten, insbesondere konstanten und/oder einer Nachschlagetabelle entnommenen, Drehzahlgradienten zu beschleunigen.

[0020] Um die Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts aus dem stillgelegten Zustand in den mit der Sekundärachse synchronisierten Zustand zu überwachen, ist vorzugsweise ein Drehzahlsensor zur Detektion der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts vorgesehen und mit der

Steuereinheit verbunden.

[0021] Um für ein leichtes und materialschonendes Einrücken der zweiten Kupplung ermitteln zu können, wann sich der Drehmomentübertragungsabschnitt und die Sekundärachse mit zumindest annähernd gleicher Drehzahl drehen, kann außerdem ein Drehzahlsensor zur Detektion der Drehzahl der Sekundärachse mit der Steuereinheit verbunden sein. Entsprechend ist die Steuereinheit bevorzugt dazu ausgebildet, die zweite Kupplung in Abhängigkeit von der durch den Drehzahlsensor detektierten Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts einzurücken.

[0022] Insbesondere kann die Steuereinheit dazu ausgebildet sein, die zweite Kupplung in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts und der Drehzahl der Sekundärachse einzurücken. Optimalerweise erfolgt das Einrücken der zweiten Kupplung, wenn die Drehzahldifferenz gleich Null ist. In der Praxis kann eine Einrückung der zweiten Kupplung aber auch bei geringen Drehzahldifferenzen möglich sein.

[0023] Alternativ zu einer Betätigung der zweiten Kupplung durch die Steuereinheit kann eine Sperrsynchonisierung vorgesehen sein, die eine Einrückung der zweiten Kupplung nur dann zulässt, wenn die Differenz zwischen der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts und der Drehzahl der Sekundärachse in einem vorbestimmten Bereich liegt. In diesem Fall sorgt also die Sperrsynchonisierung dafür, dass die zweite Kupplung erst dann einrücken kann, wenn der Drehmomentübertragungsabschnitt zumindest annähernd die Drehzahl der Sekundärachse erreicht hat.

[0024] Um das Einrücken der zweiten Kupplung zu erleichtern, kann die Steuereinheit dazu ausgebildet sein, das Antriebsmoment der Antriebseinheit während des Einrückens der zweiten Kupplung zu reduzieren. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um eine kurzzeitige und für einen Fahrzeuginsassen nicht spürbare Drehmomentverringern. Alternativ oder zusätzlich kann auch das Moment der Kupplung, die als Synchonisierungseinheit an der Primärachseseite des stillgelegten Drehmomentübertragungsabschnitts wirkt, reduziert werden, um das Zeitfenster zu verlängern, in welchem Drehzahlähnlichkeit zwischen dem Drehmomentübertragungsabschnitt und der Achse herrscht, welche durch die zweite Kupplung mit dem Drehmomentübertragungsabschnitt verbunden werden soll.

[0025] Des Weiteren kann die Steuereinheit dazu ausgebildet sein, das Antriebsmoment der Antriebseinheit während der Synchonisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts zu erhöhen, insbesondere um etwa den Betrag, der zur Synchonisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts nötig ist.

Auf diese Weise wird ein durch die Synchonisierung bedingter Abfall des Antriebsmoments an der Primärachse kompensiert, und es wird verhindert, dass das Fahrzeug bedingt durch die Synchonisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts an Fahrt verliert und ein Fahrzeuginsasse den Synchonisierungsvorgang spürt.

[0026] Das zur Synchonisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts benötigte Drehmoment reduziert einen an den Rädern der Primärachse bestehenden Radschlupf. Die Synchonisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts kann somit zur Traktionskontrolle beitragen, indem das zur Synchonisierung verwendete Drehmoment so gewählt wird, dass der Radschlupf auf einem konstanten niedrigen Niveau gehalten wird.

[0027] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 18, durch welches sich die voranstehenden Vorteile entsprechend erreichen lassen.

[0028] Nachfolgend wird die Erfindung anhand vorteilhafter Ausführungsformen rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0029] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0030] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines Achsdifferenzials mit nebengeschalteter Klauenkupplung einer Sekundärachse des Antriebsstrangs von [Fig. 1](#);

[0031] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs;

[0032] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs;

[0033] [Fig. 5](#) eine Graphik, in welcher die Drehzahlen einer Primärachse, einer Sekundärachse, eines von der Primärachse zur Sekundärachse führenden Drehmomentübertragungsabschnitts und der Verlauf des an die Sekundärachse übertragenen Drehmoments während des Zuschaltens der Sekundärachse aus einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts bei einem der Antriebsstränge von [Fig. 1](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) dargestellt sind;

[0034] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs;

[0035] [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung einer

fünften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs;

[0036] [Fig. 8](#) eine schematische Darstellung einer sechsten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs;

[0037] [Fig. 9](#) eine schematische Darstellung einer siebten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs;

[0038] [Fig. 10A–Fig. 10C](#) Querschnittsansichten einer in dem Antriebsstrang von [Fig. 9](#) zum Einsatz kommenden Klauenkupplung mit Synchronisiervorrichtung;

[0039] [Fig. 11](#) eine Graphik, in welcher die Drehzahlen einer Primärachse, einer Sekundärachse, eines von der Primärachse zur Sekundärachse führenden Drehmomentübertragungsabschnitts und der Verlauf des an die Sekundärachse übertragenen Drehmoments während des Zuschaltens der Sekundärachse aus einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts bei dem Antriebsstrang von [Fig. 9](#) dargestellt sind; und

[0040] [Fig. 12](#) eine schematische Darstellung einer achten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs.

[0041] In [Fig. 1](#) ist der Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs dargestellt, in dessen vorderem Bereich eine Antriebseinheit **12** angeordnet ist, im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein quer zur Längsachse des Kraftfahrzeugs liegender Verbrennungsmotor. Die Antriebseinheit **12** ist über ein Wechselgetriebe **14** dauerhaft mit einer ein Vorderachsdifferenzial **22** umfassenden Vorderachse **16** des Kraftfahrzeugs verbunden, sodass auf der Vorderachse **16** sitzende Vorderräder **18** während der Fahrt durch die Antriebseinheit **12** permanent angetrieben werden. Die Vorderachse **16** wird deshalb auch als Primärachse **20** bezeichnet.

[0042] In einem hinteren Fahrzeugbereich weist das Kraftfahrzeug eine Hinterachse **24** mit einem Hinterachsdifferenzial **26** und Hinterrädern **28** auf. Die Hinterachse **24** bildet eine sekundäre Antriebsachse, auch Sekundärachse **30** genannt, da sie bei Bedarf durch die Antriebseinheit **12** angetrieben werden kann.

[0043] Zu diesem Zweck ist an der Primärachse **20** eine steuerbare Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** angeordnet, durch die ein einstellbarer Anteil des von der Antriebseinheit **12** bereitgestellten Antriebsmoments an die Sekundärachse **30** abgezweigt werden kann. Die Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** umfasst eine Lamellenkupplung **33**, die durch eine Steuereinheit **34** gesteuert wird.

[0044] Der Ausgang der Lamellenkupplung **33** ist mit dem einen Ende eines Drehmomentübertragungsabschnitts **36**, z. B. einer Kardanwelle, verbunden. An seinem anderen Ende ist der Drehmomentübertragungsabschnitt **36** mit einem Kegelrad **38** verbunden, welches mit einem Tellerrad **40** in Eingriff steht, das mit einem Differenzialkorb **42** des Hinterachsdifferenzials **26** verbunden ist ([Fig. 2](#)).

[0045] Um zu verhindern, dass der Drehmomentübertragungsabschnitt **36** und der Differenzialkorb **42** des Hinterachsdifferenzials **26** während der Fahrt und bei geöffneter Lamellenkupplung **33**, d. h. bei reinem Vorderradantrieb, unnötigerweise mitdrehen und Energie verbrauchen, ist eine Einrichtung zur Stilllegung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** und des Differenzialkorbs **42** vorgesehen.

[0046] Bei dem in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Stilllegungseinrichtung durch eine an einer Halbachse **44** der Hinterachse **24** in der Nähe des Hinterachsdifferenzials **26** angeordnete Klauenkupplung **46** gebildet, welche ebenfalls durch die Steuereinheit **34** steuerbar ist. Alternativ kann die Klauenkupplung **46** auch durch eine eigene, von der die Lamellenkupplung **33** steuernden Steuereinheit **34** getrennte Steuereinheit gesteuert werden, welche mit der Steuereinheit **34** z. B. über einen CAN-Bus verbunden ist.

[0047] In [Fig. 3](#) ist eine alternative Ausführungsform einer Stilllegungseinrichtung dargestellt, welche zwei durch die Steuereinheit **34** steuerbare Klauenkupplungen **46** umfasst, die in den Naben der Hinterräder **28** angeordnet sind.

[0048] In [Fig. 4](#) ist eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs dargestellt. Der Antriebsstrang umfasst eine in einem vorderen Bereich des Kraftfahrzeugs angeordnete Antriebseinheit **12**, z. B. einen Verbrennungsmotor. Im Unterschied zu den voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist die Antriebseinheit **12** der dritten Ausführungsform jedoch nicht quer zur Längsachse des Kraftfahrzeugs ausgerichtet, sondern parallel zu dieser.

[0049] Die Antriebseinheit **12** ist über ein Wechselgetriebe **14** mit der Eingangswelle **48** eines Verteilergetriebes **50** verbunden. Eine mit der Eingangswelle **48** starr verbundene Primärausgangswelle **52** des Verteilergetriebes **50** ist über ein Hinterachsdifferenzial **26** dauerhaft mit der Hinterachse **24** des Kraftfahrzeugs verbunden. Anders als bei den voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen werden bei der dritten Ausführungsform also die auf der Hinterachse **24** sitzenden Hinterräder **28** permanent angetrieben, weshalb in diesem Fall die Hinterachse **24** als Primärachse **20** bezeichnet wird.

[0050] Das Verteilergetriebe **50** umfasst in an sich bekannter Weise eine Lamellenkupplung **54**, deren Eingang mit der Eingangswelle **48** des Verteilergetriebes **50** drehfest verbunden ist und deren Ausgang über einen Kettentrieb **56** oder über in Eingriff stehende Zahnräder mit dem einen Ende eines zu dem Vorderachsdifferenzial **22** der Vorderachse **16** führenden Drehmomentübertragungsabschnitts **36** verbunden ist. An dem anderen Ende des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** ist – ähnlich wie in [Fig. 2](#) gezeigt – ein Kegelrad vorgesehen, welches mit einem Tellerrad in Eingriff steht, das mit dem Differenzialkorb des Vorderachsdifferenzials **22** fest verbunden ist.

[0051] Die Lamellenkupplung **54** des Verteilergetriebes **50** ist mit einer Steuereinheit **34** verbunden. Durch eine entsprechende Steuerung der Lamellenkupplung **54** kann bei Bedarf ein Anteil des durch die Antriebseinheit **12** bereitgestellten Antriebsmoments über den Drehmomentübertragungsabschnitt **36** und die Vorderachse **16** an die Vorderräder **18** übertragen werden. In diesem Fall stellt also die Vorderachse **16** die Sekundärachse **30** dar.

[0052] Um zu verhindern, dass sich bei geöffneter Lamellenkupplung **54**, d. h. bei reinem Hinterradantrieb, der Drehmomentübertragungsabschnitt **36** und der Kettentrieb **56** bzw. der Zahnradtrieb des Verteilergetriebes **50** während der Fahrt durch die Vorderräder **18** angetrieben werden und sich unnötig mitbewegen, ist auch bei der in [Fig. 4](#) dargestellten dritten Ausführungsform eine Einrichtung zur Stilllegung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** vorgesehen.

[0053] Die in [Fig. 4](#) dargestellte Stilllegungseinrichtung ist ähnlich wie die in [Fig. 1](#) gezeigte Stilllegungseinrichtung ausgebildet und umfasst eine durch die Steuereinheit **34** oder durch eine von der Steuereinheit **34** getrennte und mit dieser z. B. über einen CAN-Bus verbundene Steuereinheit steuerbare Klauenkupplung **46**, die in einer Halbachse **44** der Vorderachse **16** im Bereich des Vorderachsdifferenzials **22** angeordnet ist.

[0054] Auch bei der in [Fig. 4](#) dargestellten dritten Ausführungsform ist eine alternative Stilllegungseinrichtung vorstellbar, die ähnlich der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform durch in den Naben der Vorderräder **18** untergebrachte und durch die Steuereinheit **34** oder eine eigene Steuereinheit steuerbare Klauenkupplungen gebildet sein kann.

[0055] Der Betrieb der drei voranstehend beschriebenen Antriebsstränge erfolgt in einem Modus, in welchem zusätzlich zu einem permanenten Antrieb der Primärachse **20** bei Bedarf, d. h. beispielsweise unter vorbestimmten Fahrbedingungen, wie z. B. Radschlupf an den Rädern der Primärachse **20**, durch die Steuereinheit **34** gesteuert automatisch Antriebs-

moment der Antriebseinheit **12** an die Sekundärachse **30** geleitet und auf die Räder der Sekundärachse **30** übertragen wird. Dabei kann der an die Sekundärachse **30** übertragene Antriebsmomentanteil über eine entsprechende Einrückung der in der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** umfassten Lamellenkupplung **33** oder der Lamellenkupplung **54** des Verteilergetriebes **50** variabel eingestellt und somit an die Fahrbedingungen angepasst werden. Aufgrund der bedarfweisen automatischen Zuschaltung der Sekundärachse **30** wird dieser Antriebsmodus hier als automatischer Vierradantriebsmodus bezeichnet.

[0056] Zusätzlich zu dem automatischen Vierradantriebsmodus kann das Fahrzeug außerdem über einen permanenten Zweiradantriebsmodus, in welchem ausschließlich die Primärachse **20** angetrieben wird, und/oder über einen permanenten Vierradantriebsmodus verfügen, in welchem sowohl die Primärachse **20** als auch die Sekundärachse **30** permanent angetrieben werden, wobei im permanenten Vierradantriebsmodus entweder eine fest vorgegebene oder eine an die Fahrbedingungen angepasste variabel einstellbare Verteilung des Antriebsmoments auf die Primärachse **20** und die Sekundärachse **30** vorstellbar ist.

[0057] Eine Voraussetzung dafür, dass im automatischen Vierradantriebsmodus bei Bedarf Antriebsdrehmoment möglichst umgehend an die Sekundärachse **30** übertragen werden kann, besteht darin, dass die oder jede Klauenkupplung **46** möglichst schnell geschlossen wird. Insbesondere aus dem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** heraus erfordert dies eine Synchronisierung der Bewegung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** mit der Bewegung der Sekundärachse **30**. Die Dauer der Synchronisierung hängt dabei von der Differenz der Drehzahlen der Sekundärachse **30** und des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** ab, d. h. bei vollständig stillgelegtem Drehmomentübertragungsabschnitt **36** letztlich von der Fahrzeuggeschwindigkeit.

[0058] Um eine möglichst schnelle Zuschaltung der Sekundärachse **30** zu erreichen, ist erfindungsgemäß eine Überwachung der Räder der Primärachse **20** auf Radschlupf vorgesehen. Zu diesem Zweck ist die Steuereinheit **34** mit entsprechenden Radschlupf-detektoren verbunden. Bei den Radschlupf-detektoren kann es sich zum Beispiel um nicht gezeigte Drehzahlsensoren handeln, welche die Drehzahlen der Räder der Primärachse **20** und der Sekundärachse **30** überwachen.

[0059] Sobald die gemittelte Drehzahl der Räder der Primärachse **20** (Linie A in [Fig. 5](#)) die gemittelte Drehzahl der Räder der Sekundärachse **30** (Linie B in [Fig. 5](#)) um einen vorbestimmten (optional vom Lenk-

winkel abhängigen) Betrag übersteigt, nimmt die Steuereinheit **34** an, dass an der Primärachse **20** Radschlupf vorliegt und ein Bedarf an Vierradantrieb besteht.

[0060] Die Steuereinheit **34** veranlasst zu einem Zeitpunkt $t = 0$ also die Zuschaltung der Sekundärachse **30**, indem sie zunächst die Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** mit der Sekundärachse **30** befiehlt.

[0061] Die Synchronisierung erfolgt mit Hilfe der Lamellenkupplung **54** des Verteilergetriebes **50** bzw. mit Hilfe der Lamellenkupplung **33** der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32**, welche zu diesem Zweck kontrolliert eingerückt wird. Die Lamellenkupplung **54** benötigt etwa 70 Millisekunden bis 80 Millisekunden, um das Lüftspiel zu durchlaufen, bevor sie den Drehmomentübertragungsabschnitt **36** tatsächlich zu beschleunigen beginnt (Kurve C in [Fig. 5](#)).

[0062] Die Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** kann gemäß einem fest vorgegebenen Drehzahlgradienten oder gemäß einem an die Fahrbedingungen angepassten und z. B. einer Nachschlagetabelle entsprechenden entnehmbaren Drehzahlgradienten erfolgen.

[0063] Wie [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen ist die Steuereinheit **34** mit einem Drehzahlsensor **58** zur Überwachung der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** verbunden. Der Drehzahlsensor **58** ermöglicht es der Steuereinheit **34**, die tatsächliche Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** zu ermitteln und mit einer gewünschten Beschleunigung bzw. mit einem Soll-Drehzahlgradienten zu vergleichen. Alternativ kann das Signal des Drehzahlsensors **58** als Ist-Wert für eine Drehzahlregelung herangezogen werden, d. h. die Lamellenkupplung **54** wird mittels eines Drehzahlreglers derart betätigt, dass der genannte Ist-Wert der Drehzahl einem Soll-Wert angenähert wird.

[0064] Die Steuereinheit **34** kann über eine Lernroutine verfügen, die es ermöglicht, ein ursprünglich voreingestelltes Synchronisationsdrehmoment anzupassen und dadurch Toleranzen und Temperatureffekte sowie Veränderungen über die Lebensdauer auszugleichen, welche die Genauigkeit der Lamellenkupplung beeinträchtigen können.

[0065] Des Weiteren kann die Lernroutine dazu verwendet werden, das System bei ausgerückter Klauenkupplung **46** zu kalibrieren und/oder zu überprüfen. Insbesondere kann der niedrige Drehmomentbereich und die Genauigkeit der Lamellenkupplung in dem niedrigen Drehmomentbereich verifiziert und/oder überprüft werden und/oder sonstige Diagnostik betrieben werden. Beispielsweise kann die

Nachschlagetabelle, in welcher das übertragene Drehmoment gegenüber dem Einrückzustand der Lamellenkupplung hinterlegt ist, entsprechend angepasst werden, wenn die Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** schneller oder langsamer als erwartet ausfällt.

[0066] Nach etwa 230 Millisekunden ist die Bewegung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** mit der Bewegung der Sekundärachse **30** synchronisiert, d. h. die Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** entspricht in etwa der Drehzahl der Sekundärachse **30**, sodass die oder jede Klauenkupplung **46** eingerückt werden kann. Zur Ermittlung der Drehzahl der Sekundärachse **30** ist ein mit der Steuereinheit **34** verbundener Drehzahlsensor (nicht gezeigt) vorgesehen.

[0067] Üblicherweise erfordert das Schließen der Klauenkupplung(en) **46** keine exakte Übereinstimmung der Drehzahlen des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** und der Sekundärachse **30**, sondern die Einrückung kann innerhalb eines Drehzahlbereichs erfolgen, der einem Zeitraum entspricht, welcher in [Fig. 5](#) durch die Kreuze "X" markiert ist.

[0068] Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Einrückung der Klauenkupplung **46** mit einer gewissen Verzögerung erfolgt, kann das Schließen der Klauenkupplung **46** bereits zu einem Zeitpunkt befohlen werden, der vor dem Zeitpunkt liegt, zu dem die Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** die Drehzahl der Sekundärachse **30** erreicht. Der genaue Zeitpunkt zur Aktivierung der Klauenkupplung **46** lässt sich aus der Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** leicht ermitteln, d. h. aus dem vorgegebenen Soll-Drehzahlgradienten oder aus dem tatsächlichen Drehzahlgradienten, wie er durch die Überwachung der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** mit Hilfe des Drehzahlsensors **58** ermittelt wird.

[0069] Zusätzlich kann eine Sperrsynchroisier Vorrichtung vorgesehen sein, die ein Schließen der Klauenkupplung **46** verhindert, solange der Unterschied zwischen der Drehzahl der Sekundärachse **30** und der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** zu hoch ist. Sobald die Drehzahldifferenz einen zulässigen Bereich erreicht, ermöglicht die Sperrsynchroisier Vorrichtung eine automatische Einrückung der Klauenkupplung **46**.

[0070] Um das Schließen der Klauenkupplung **46** und insbesondere die Betätigung einer dieser zugeordneten Schaltmuffe zu erleichtern, wird das durch die Lamellenkupplung **54** bereitgestellte Drehmoment (Kurve D in [Fig. 5](#)) während des Einrückens der Klauenkupplung **46** kurzzeitig reduziert und nach

dem Schließen der Klauenkupplung **46** auf den Wert angehoben, der letztlich an die Sekundärachse **30** übertragen werden soll.

[0071] Durch die Verwendung der Lamellenkupplung **54** zur Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** ist es möglich, den Drehmomentübertragungsabschnitt **36** innerhalb kürzester Zeit mit der Sekundärachse **30** zu synchronisieren.

[0072] Im Ergebnis ermöglichen die voranstehend beschriebenen Maßnahmen eine Zuschaltung der Sekundärachse **30** aus einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** heraus innerhalb kürzester Zeit, beispielsweise innerhalb von 200 Millisekunden bis 300 Millisekunden.

[0073] Dadurch, dass das Drehmoment zur Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** von der Antriebseinheit **12** und somit von der Primärachse **20** abgezweigt wird, trägt die Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** außerdem zusätzlich zu einer Traktionskontrolle dazu bei, den Radschlupf an der Primärachse **20** zu reduzieren, wodurch der Radschlupf an der Primärachse **20** auf einem geringen Wert gehalten werden kann.

[0074] Nach erfolgter Zuschaltung der Sekundärachse **30** wird der Antriebsstrang durch die Steuereinheit **34** im Vierradantriebsmodus betrieben, wobei in regelmäßigen Zeitabständen überprüft wird, ob der Vierradantriebsmodus noch erforderlich ist. Ist dies nicht mehr der Fall, wird in den Zweiradantriebsmodus zurückgeschaltet, indem die Klauenkupplung **46** und die Lamellenkupplung **33** bzw. **54** wieder geöffnet werden.

[0075] In [Fig. 6](#) bis [Fig. 9](#) sind weitere Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Antriebsstrangs dargestellt, bei welchen sich der Drehmomentübertragungsabschnitt **36** jeweils in der voranstehend beschriebenen Art und Weise stilllegen bzw. zuschalten lässt.

[0076] [Fig. 6](#) zeigt eine vierte Ausführungsform, die sich von der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform darin unterscheidet, dass die Klauenkupplung **46** an der Primärachse **20** angeordnet ist, und zwar zwischen dem Vorderachsdifferential **22** und der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32**, während sich die Lamellenkupplung **33** an der Sekundärachse **30**, d. h. also der Hinterachse **24**, befindet. Genauer gesagt ist die Lamellenkupplung zwischen das mit dem Kegelrad **38** des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** in Eingriff stehende Tellerrad **40** und den Differentialkorb **42** des Hinterachsdifferentials **26** geschaltet. Bei dieser Ausführungsform erfordert das Einrücken der Klauenkupplung **46** eine Synchronisation der Bewegung des Drehmomentübertragungs-

abschnitts **36** mit der Bewegung der Primärachse **20**, welche beispielsweise durch ein zumindest teilweises Schließen der Lamellenkupplung **33** an der Sekundärachse **30** erreicht werden kann.

[0077] [Fig. 7](#) zeigt eine fünfte Ausführungsform, die sich von der in [Fig. 6](#) dargestellten vierten Ausführungsform lediglich darin unterscheidet, dass die an der Hinterachse **24** bzw. Sekundärachse **30** angeordnete Lamellenkupplung **33** zwischen ein Achswellenrad **60** des Hinterachsdifferentials **26** und eine Halbachse **44** der Hinterachse **24** geschaltet ist.

[0078] [Fig. 8](#) zeigt eine sechste Ausführungsform, die sich von der in [Fig. 6](#) gezeigten vierten Ausführungsform darin unterscheidet, dass kein Hinterachsdifferential **26** vorgesehen ist, sondern zusätzlich zu der zwischen das Tellerrad **40** und die eine Halbachse **44** der Hinterachse **24** geschalteten Lamellenkupplung **33** eine weitere Lamellenkupplung **33'** zwischen das Tellerrad **40** und die andere Halbachse **44'** geschaltet ist. Das Hinterachsdifferential **26** wird bei dieser Ausführungsform also durch die Kombination der beiden Lamellenkupplungen **33**, **33'** ersetzt, wobei jede der Lamellenkupplungen **33**, **33'** durch die Steuereinheit **34** separat ansteuerbar ist.

[0079] Des Weiteren ist in [Fig. 9](#) eine siebte Ausführungsform dargestellt, die sich von der in [Fig. 7](#) dargestellten fünften Ausführungsform lediglich darin unterscheidet, dass die Klauenkupplung **46** mit einer integrierten Synchronisiereinrichtung versehen ist. In diesem Fall kann die Synchronisation der Bewegung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** mit der Bewegung der Primärachse **20** alternativ oder zusätzlich zu der Lamellenkupplung **33** also auch durch die Synchronisiereinrichtung der Klauenkupplung **46** erfolgen.

[0080] Eine detailliertere Ansicht der in die Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** des Antriebsstrangs gemäß siebter Ausführungsform integrierten Klauenkupplung **46** ist in [Fig. 10](#) gezeigt. Die Klauenkupplung **46** umfasst einen ersten Kupplungsteil **62**, welcher mit dem Differenzialkorb des Vorderachsdifferentials **22** drehfest verbunden und bezüglich einer gezeigten Halbachse der Vorderachse **16** verdrehbar gelagert ist. Ein ebenfalls bezüglich der gezeigten Halbachse der Vorderachse **16** verdrehbar gelagerter zweiter Kupplungsteil **64** der Klauenkupplung **46** ist mit einem Tellerrad **66** drehfest verbunden, das mit einem Kegelrad **68** des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** in Eingriff steht.

[0081] Das Einrücken der Klauenkupplung **46** erfolgt mittels eines auf dem zweiten Kupplungsteil **64** drehfest und axial verschiebbar gelagerten Kopplungsring **70**. Der Kopplungsring **70** ist zwischen einer ersten Position, in welcher der Kopplungsring **70** nur mit dem zweiten Kupplungsteil **64** in Eingriff steht

([Fig. 10A](#)), und einer zweiten Position axial bewegbar, in welcher der Kupplungsring **70** sowohl mit dem zweiten Kupplungsteil **64** als auch mit dem ersten Kupplungsteil **62** in Eingriff steht ([Fig. 10C](#)), um Drehmoment von dem ersten Kupplungsteil **62** an das zweite Kupplungsteil **64** zu übertragen.

[0082] Zur axialen Verschiebung des Kupplungsringes **70** ist eine Schaltgabel **72** vorgesehen, die durch einen Motor bewegbar ist, welcher durch die Steuereinheit **34** gesteuert wird.

[0083] Bei stillgelegtem Drehmomentübertragungsabschnitt **36** stehen auch das zweite Kupplungsteil **64** und somit der Kupplungsring **70** still.

[0084] Damit der Kupplungsring **70** mit dem ersten Kupplungsteil **62** in Eingriff gebracht werden kann, ist eine gewisse Drehzahlähnlichkeit zwischen dem Kupplungsring **70** bzw. zweiten Kupplungsteil **64** und dem ersten Kupplungsteil **62** erforderlich. Zur Synchronisierung der Drehzahl des Kupplungsringes **70** mit der Drehzahl des ersten Kupplungsteils **62** ist eine Synchronisiervorrichtung in die Kupplung **46** integriert, die aktiv wird, sobald der Kupplungsring **70** in Richtung des ersten Kupplungsteils **62** bewegt wird.

[0085] Die Synchronisiervorrichtung umfasst mehrere Synchronisierbügel **74**, welche um die Achse **16** bzw. **20** herum angeordnet sind und jeweils einen Abschnitt des ersten Kupplungsteils **62** und des Kupplungsringes **70** überragen. Die Synchronisierbügel **74** sind mit dem Kupplungsring **70** drehfest verbunden und rotieren folglich mit der gleichen Drehzahl wie der zweite Kupplungsteil **64**.

[0086] Im Bereich seines dem ersten Kupplungsteil **62** zugewandten Endes ist jeder Synchronisierbügel **74** an seiner Innenseite mit einer Reibfläche **76** versehen. Entsprechend ist an der Außenseite des von den Synchronisierbügeln **74** überragten Abschnitts des ersten Kupplungsteils **62** eine Reibfläche **78** ausgebildet.

[0087] Der Kupplungsring **70** besitzt an seiner Außenseite eine Führung **80**, in der ein Federring **82** gelagert und gegen eine Verschiebung in axialer Richtung gesichert ist. Der Federring **82** drückt von innen gegen die Synchronisierbügel **74**, d. h. er übt in radialer Richtung nach außen eine Kraft gegen die Synchronisierbügel **74** aus.

[0088] Der den Kupplungsring **70** überragende Abschnitt **84** jedes Synchronisierbügels **74** ist rampenartig derart ausgebildet, dass der Federring **82** entgegen seiner Rückstellkraft radial nach innen zusammengedrückt wird, wenn sich der Kupplungsring **70** zum Einrücken der Kupplung **46** auf den ersten Kupplungsteil **62** zu bewegt.

[0089] Die durch den Federring **82** auf die Synchronisierbügel **74** ausgeübte Kraft bewirkt, dass die Reibflächen **76** der Synchronisierbügel **74** an die Reibflächen **78** des ersten Kupplungsteils angeedrückt werden. Dabei wird die Kraft, mit der die Reibflächen **76**, **78** aneinander gedrückt werden, umso stärker, je weiter der Federring **82** komprimiert wird.

[0090] Im ausgerückten Zustand der Kupplung **46** ([Fig. 10A](#)) ist die durch den Federring **82** auf die Synchronisierbügel **74** ausgeübte Kraft so klein, dass die Reibflächen gerade nicht in Kontakt stehen, während die Reibflächen **76**, **78**, kurz bevor der Kupplungsring **70** mit dem ersten Kupplungsteil **62** in Eingriff gerät ([Fig. 10B](#)), mit einer Kraft aneinander gedrückt werden, die ausreicht, um den zweiten Kupplungsteil **64** mit einer gewünschten Beschleunigung auf die Drehzahl des ersten Kupplungsteils **62** zu beschleunigen.

[0091] Wie [Fig. 10](#) zu entnehmen ist, ist die Synchronisiervorrichtung der Kupplung **46** ohne Sperrelement ausgebildet. Dies ermöglicht es, die Kupplung **46** auch dann einzurücken, wenn noch keine Drehzahlidentität zwischen dem ersten und zweiten Kupplungsteil **62**, **64** hergestellt ist, d. h. selbst wenn noch eine gewisse Drehzahldifferenz zwischen den Kupplungsteilen **62**, **64** vorliegt.

[0092] Anhand von [Fig. 11](#) wird nun die Zuschaltung der Sekundärachse **30** des Antriebsstrangs von [Fig. 9](#) ausgehend von einem stillgelegten Drehmomentübertragungsabschnitt **36** erläutert.

[0093] Sobald die gemittelte Drehzahl der Räder der Primärachse **20** (Linie A in [Fig. 11](#)) die gemittelte Drehzahl der Räder der Sekundärachse **30** (Linie B in [Fig. 11](#)) um einen vorbestimmten (optional vom Lenkwinkel abhängigen) Betrag übersteigt, nimmt die Steuereinheit **34** an, dass an der Primärachse **20** Radschlupf vorliegt und ein Bedarf an Vierradantrieb besteht.

[0094] Die Steuereinheit **34** veranlasst zu einem Zeitpunkt $t = 0$ also die Zuschaltung der Sekundärachse **30**, indem sie zunächst die Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** mit der Sekundärachse **30** befiehlt.

[0095] Die Synchronisierung erfolgt mit Hilfe der Klauenkupplung **46** der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32**, indem der Kupplungsring **70** in Richtung des ersten Kupplungsteils **62** verschoben wird, um die Reibflächen **76**, **78** kontrolliert aneinander zu drücken. Nach etwa 30 ms wird ein vorgegebenes Synchronisiermoment von dem ersten Kupplungsteil **62** über die Synchronisierbügel **74** an das zweite Kupplungsteil **64** übertragen (Kurve E in [Fig. 11](#)), wodurch sich die Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** erhöht (Kurve C in [Fig. 11](#)). Das vorgegebene Synchronisiermoment beträgt im vorlie-

genden Ausführungsbeispiel 100 Nm und wird solange aufrechterhalten, bis die Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** zumindest annähernd die Drehzahl der Primärachse **20** erreicht hat.

[0096] Sobald die Drehzahldifferenz zwischen der Primärachse **20** und dem Drehmomentübertragungsabschnitt **36** eine vorgegebene Grenze unterschreitet, die ein für einen Fahrzeuginsassen im wesentlichen nicht wahrnehmbares Schließen der Klauenkupplung **46** erlaubt, wird das zweite Kupplungsteil **64** durch noch weitere Verschiebung des Kopplungsringes **70** mit dem ersten Kupplungsteil **62** in Eingriff gebracht, d. h. die Klauenkupplung **46** vollständig eingerückt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel geschieht dies etwa 210 ms nach der Detektion des Radschlupfs.

[0097] Bereits bevor der Drehmomentübertragungsabschnitt **36** (Kurve C in [Fig. 11](#)) die Drehzahl der Primärachse **20** (Kurve A in [Fig. 11](#)) erreicht hat, was gemäß [Fig. 11](#) bei etwa 210 ms der Fall ist, wird damit begonnen, die Lamellenkupplung **33** einzurücken (Kurve D in [Fig. 11](#)), im vorliegenden Ausführungsbeispiel bei etwa 190 ms. Solange die Drehzahl der Sekundärachse (Kurve B in [Fig. 11](#)) höher ist als die Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts **36**, bewirkt das Einrücken der Lamellenkupplung **33** kein Bremsen des Drehmomentübertragungsabschnitts **36**. D. h. zur Vorbereitung eines schnellen Einrückens der Lamellenkupplung **33** kann bereits das Lüftspiel überwunden werden, so dass die Lamellen der Lamellenkupplung **33** minimal miteinander in Kontakt stehen (so genannter "kiss point").

[0098] Erreicht der Drehmomentübertragungsabschnitt **36** die Drehzahl der Sekundärachse **30**, kann die Lamellenkupplung **33** durch das Ansteuern des "kiss point" der weiteren Beschleunigung bzw. Synchronisation des Drehmomentübertragungsabschnitts **36** zwar entgegen wirken. Dies wird aber in Kauf genommen, um insgesamt eine schnellere Zuschaltung der Sekundärachse **30** zu erreichen. Da die Synchronisiervorrichtung der Klauenkupplung **46** – wie bereits erwähnt – ohne Sperreinrichtung ausgebildet ist, kann die Klauenkupplung **46** nämlich trotz Drehzahlungleichheit durchgeschaltet, d. h. also geschlossen, werden.

[0099] Im Ergebnis wird auf diese Weise eine schnelle Zuschaltung der Sekundärachse **30** in etwa 250 ms nach der Detektion eines Radschlupfs an der Primärachse **20** erreicht, wobei sich das an die Sekundärachse **30** übertragene Antriebsdrehmoment während dieser Zeit gemäß der Kurve F in [Fig. 11](#) entwickelt.

[0100] In [Fig. 12](#) ist eine achte Ausführungsform dargestellt, die sich von der in [Fig. 9](#) dargestellten

siebenten Ausführungsform darin unterscheidet, dass die an der Hinterachse **24** bzw. Sekundärachse **30** angeordnete Lamellenkupplung **33** nicht zwischen ein Achswellenrad **60** des Hinterachsdifferenzials **26** und eine Halbachse **44** der Hinterachse **24**, sondern zwischen den Drehmomentübertragungsabschnitt **36** und das Kegelrad **38** des Hinterachsdifferenzials **26** geschaltet ist.

[0101] Im dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Lamellenkupplung **33** um eine motorisch betätigte Kupplung, die durch die Steuereinheit **34** gesteuert wird. Alternativ kann es sich bei der Lamellenkupplung **33** aber auch um eine drehzahlabhängig arbeitende Kupplung handeln, die sich, insbesondere selbsttätig, schließt, sobald die Differenz der Drehzahl am Kupplungseingang und -ausgang einen vorbestimmten Betrag überschreitet, bzw. öffnet, sobald die Drehzahldifferenz einen vorbestimmten Betrag unterschreitet.

[0102] Zusätzlich ist eine durch die Steuereinheit **34** steuerbare Klauenkupplung **86** zwischen ein Achswellenrad **60** des Hinterachsdifferenzials **26** und eine Halbachse **44** der Hinterachse **24** geschaltet. Bei der Klauenkupplung **86** kann es sich um eine einfache Klauenkupplung handeln, die insbesondere keine Synchronisiereinrichtung aufweist.

[0103] Ist sowohl die in der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** befindliche Klauenkupplung **46** als auch die an der Hinterachse **24** angeordnete Klauenkupplung **86** geöffnet, so ist nicht nur die Drehmomentübertragungseinrichtung **36**, sondern auch die Lamellenkupplung **33** und der Differenzialkorb **42** des Hinterachsdifferenzials **26** stillgelegt.

[0104] Soll ausgehend von diesem stillgelegten Zustand die Sekundärachse **30** bzw. Hinterachse **24** zugeschaltet werden, so wird die Drehmomentübertragungseinrichtung **36** wie anhand von [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) beschrieben mit Hilfe der Klauenkupplung **46** der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** soweit beschleunigt, bis die Kupplungsteile der Klauenkupplung **46** der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** eine Drehzahlähnlichkeit derart aufweisen, dass die Klauenkupplung **46** der Drehmomentabzweigungseinrichtung **32** vollständig geschlossen werden kann.

[0105] Durch die Beschleunigung der Drehmomentübertragungseinrichtung **36** nimmt auch die Drehzahl am Eingang der Lamellenkupplung **33** zu. Aufgrund von Schleppmomenten in der Lamellenkupplung **33** und/oder weil sich die Lamellenkupplung **33** wegen der Differenz der Drehzahlen am Kupplungseingang und -ausgang selbsttätig schließt oder weil die Lamellenkupplung **33** durch die Steuereinheit **34** eingerückt wird, steigt die Drehzahl am Ausgang der Lamellenkupplung **33** an, wodurch sich auch der über das Kegelrad **38** und das Tellerrad **40** mit der Lamel-

lenkupplung **33** verbundene Differenzialkorb **42** des Hinterachsdifferenzials **26** dreht.

80 Führung
82 Federring
84 Abschnitt
86 Klauenkupplung

[0106] Die Drehung des Differenzialkorbs **42** führt dazu, dass der mit dem Achswellenrad **60** des Hinterachsdifferenzials **26** in Verbindung stehende Kupplungsteil der Klauenkupplung **86** zumindest annähernd auf die Drehzahl des mit der Halbachse **44** der Hinterachse **24** verbundenen Kupplungsteils gebracht wird, so dass die Klauenkupplung **86** – gesteuert durch die Steuereinheit **34** – unter einem allenfalls minimalen Ruck geschlossen werden kann.

[0107] Zur Feststellung einer für die Einrückung der an der Hinterachse **24** befindlichen Klauenkupplung **46** ausreichenden Drehzahlähnlichkeit ist die Steuereinheit **34** mit einem Drehzahlsensor **58**, welcher die Drehzahl des Tellerrades **40** und somit des Differenzialkorbes **42** überwacht, und mit nicht dargestellten Sensoren zur Detektion der Drehzahlen der Hinterräder **28** verbunden.

Bezugszeichenliste

12	Antriebseinheit
14	Wechselgetriebe
16	Vorderachse
18	Vorderräder
20	Primärachse
22	Vorderachsdifferenzial
24	Hinterachse
26	Hinterachsdifferenzial
28	Hinterräder
30	Sekundärachse
32	Drehmomentabzweigungseinrichtung
33	Lamellenkupplung
34	Steuereinheit
36	Drehmomentübertragungsabschnitt
38	Kegelrad
40	Tellerrad
42	Differenzialkorb
44	Halbachse
46	Klauenkupplung
48	Eingangswelle
50	Verteilergetriebe
52	Primärausgangswelle
54	Lamellenkupplung
56	Kettentrieb
58	Drehzahlsensor
60	Achswellenrad
62	Kupplungsteil
64	Kupplungsteil
66	Tellerrad
68	Kegelrad
70	Kopplungsring
72	Schaltgabel
74	Synchronisierbügel
76	Reibfläche
78	Reibfläche

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5411110 [[0002](#), [0003](#)]

Patentansprüche

1. Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit einer permanent angetriebenen Primärachse (20), umfassend:

eine Antriebseinheit (12) zum Erzeugen eines Antriebsmoments;
eine erste Kupplung (33; 54) zum Übertragen eines variablen Teils des Antriebsmoments an eine Sekundärachse (30) des Kraftfahrzeugs;
eine zweite Kupplung (46) zum Stilllegen eines zwischen der ersten Kupplung (33; 54) und der zweiten Kupplung (46) angeordneten Drehmomentübertragungsabschnitts (36) des Antriebsstrangs, wenn die erste Kupplung (33; 54) geöffnet ist; und
eine Steuereinheit (34) zum automatischen Steuern der ersten Kupplung (33; 54), wobei die Steuereinheit (34) mit wenigstens einem Sensor zur Detektion eines Radschlupfs an der Primärachse (20) verbunden ist;

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, ausgehend von einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) in Abhängigkeit von einem detektierten Radschlupf an der Primärachse (20) die zweite Kupplung (46) zu schließen.

2. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine, insbesondere durch die Steuereinheit (34) gesteuerte, Synchronisiereinrichtung vorgesehen ist, durch welche der stillgelegte Drehmomentübertragungsabschnitt (36) vor einem Einrücken der zweiten Kupplung (46) beschleunigbar ist, insbesondere zumindest annähernd auf die Drehzahl der Sekundärachse (30) oder Primärachse (20) beschleunigbar ist.

3. Antriebsstrang nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, den Drehmomentübertragungsabschnitt (36) so zu beschleunigen, dass eine aus der Beschleunigung des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) resultierende Längsbeschleunigung des Fahrzeugs für einen Fahrzeuginsassen zumindest kaum spürbar ist und einen Beschleunigungsgrenzwert, der die Wahrnehmungsschwelle nicht oder kaum überschreitet, aber möglichst nahe daran liegt, nicht übersteigt.

4. Antriebsstrang nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Beschleunigungsgrenzwert in Abhängigkeit von Umgebungsfaktoren vorgegeben ist, wie z. B. der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Fahrzeugbeschleunigung, dem Rauschen in einem Fahrzeuggeschwindigkeits- oder Fahrzeugbeschleunigungssignal, dem Straßenzustand, einem an der Primärachse detektierten Radschlupf, Pedalstellungen, Lenkradstellung und/oder weiteren Werten.

5. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 2

bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, den Drehmomentübertragungsabschnitt (36) gemäß einem vorbestimmten, insbesondere konstanten und/oder einer Nachschlagetabelle entnommenen, Drehzahlgradienten zu beschleunigen.

6. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisiereinrichtung durch die erste Kupplung (33; 54) gebildet ist.

7. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisiereinrichtung eine von der ersten Kupplung (33; 54) unabhängige Synchronisiervorrichtung umfasst, die z. B. in die zweite Kupplung (46) integriert ist.

8. Antriebsstrang nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisiervorrichtung eine, insbesondere in die zweite Kupplung (46) integrierte, Synchronisiervorrichtung ohne Sperreinrichtung ist.

9. Antriebsstrang nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, ausgehend von einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) in Abhängigkeit von einem detektierten Radschlupf an der Primärachse (20) zuerst die zweite Kupplung (46) zu schließen und danach die erste Kupplung (33; 54) zu schließen.

10. Antriebsstrang nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drehzahlsensor (58) zur Detektion der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) mit der Steuereinheit (34) verbunden ist.

11. Antriebsstrang nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, die zweite Kupplung (46) in Abhängigkeit von der durch den Drehzahlsensor (58) detektierten Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) einzurücken.

12. Antriebsstrang nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drehzahlsensor (58) zur Detektion der Drehzahl der Sekundärachse (30) mit der Steuereinheit (34) verbunden ist.

13. Antriebsstrang nach Anspruch 10 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, die zweite Kupplung (46) in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) und der Drehzahl der Sekundärachse (30) einzurücken.

14. Antriebsstrang nach einem der vorherigen

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) und die zweite Kupplung (46) so ausgebildet sind, dass die zweite Kupplung (46) derart schnell einrückbar ist, dass die Drehzahl des beschleunigten Drehmomentübertragungsabschnitts (36) die Drehzahl der Sekundärachse (30) zumindest nicht signifikant überschreitet.

15. Antriebsstrang nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sperrsynchonisierung vorgesehen ist, die eine Einrückung der zweiten Kupplung (46) erst dann zulässt, wenn die Differenz zwischen der Drehzahl des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) und der Drehzahl der Sekundärachse (30) in einem vorbestimmten Bereich liegt.

16. Antriebsstrang nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, das Drehmoment der Antriebseinheit (12) während des Einrückens der zweiten Kupplung (46) zu reduzieren.

17. Antriebsstrang nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (34) dazu ausgebildet ist, das Drehmoment der Antriebseinheit (12) während der Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) zu erhöhen, insbesondere um den Betrag, der zur Synchronisierung des Drehmomentübertragungsabschnitts (36) nötig ist.

18. Verfahren zur Steuerung eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit einer permanent angetriebenen Primärachse (20); einer Antriebseinheit (12) zum Erzeugen eines Antriebsmoments; einer ersten Kupplung (33; 54) zum Übertragen eines variablen Teils des Antriebsmoments an eine Sekundärachse (30) des Kraftfahrzeugs; einer zweiten Kupplung (46) zum Stilllegen eines zwischen der ersten Kupplung (33; 54) und der zweiten Kupplung (46) angeordneten Drehmomentübertragungsabschnitts (36) des Antriebsstrangs, wenn die erste Kupplung (33; 54) geöffnet ist; und einer Steuereinheit (34) zum automatischen Steuern der ersten und zweiten Kupplung (33, 54, 46), bei welchem Verfahren ermittelt wird, ob an der Primärachse (20) ein Radschlupf vorliegt, und, ausgehend von einem stillgelegten Zustand des Drehmomentübertragungsabschnitts (36), in Abhängigkeit von einem detektierten Radschlupf an der Primärachse (20) die zweite Kupplung (46) geschlossen wird.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Fig.1

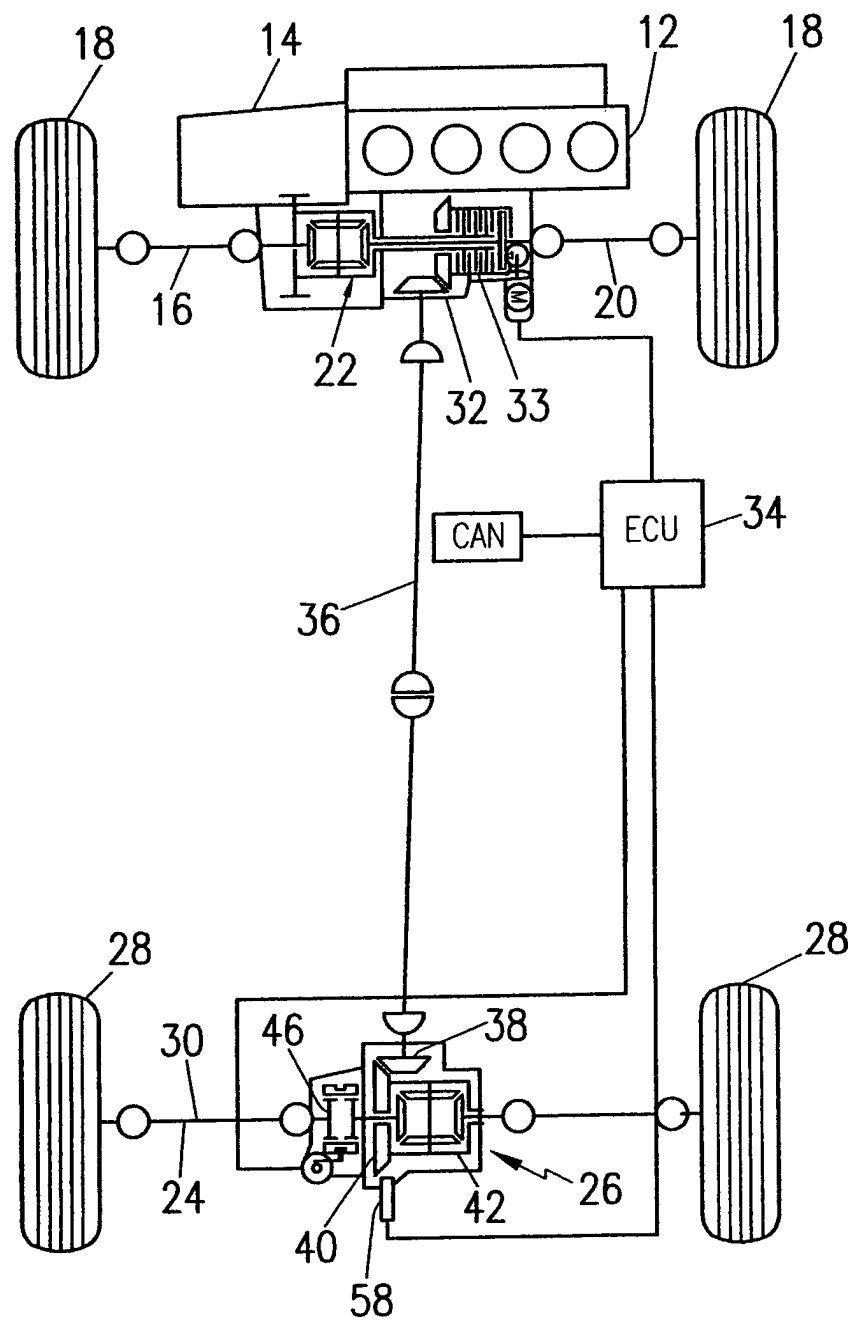


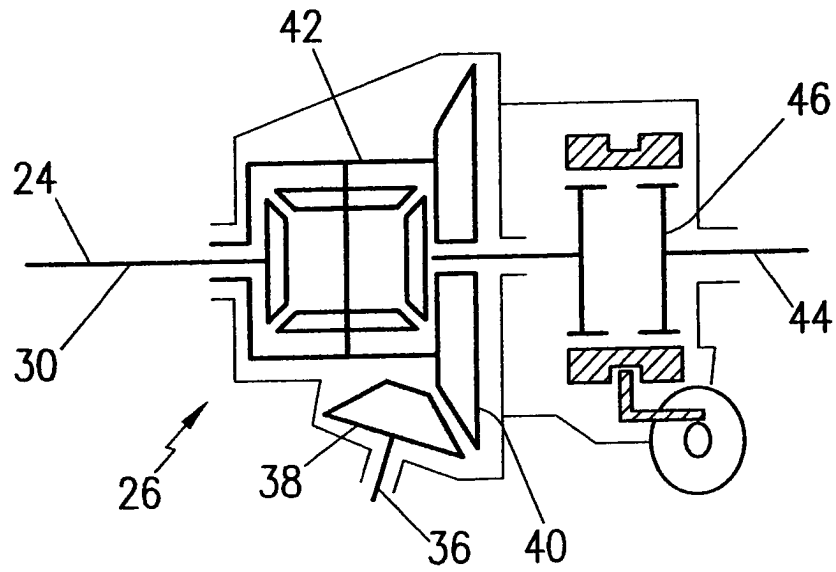
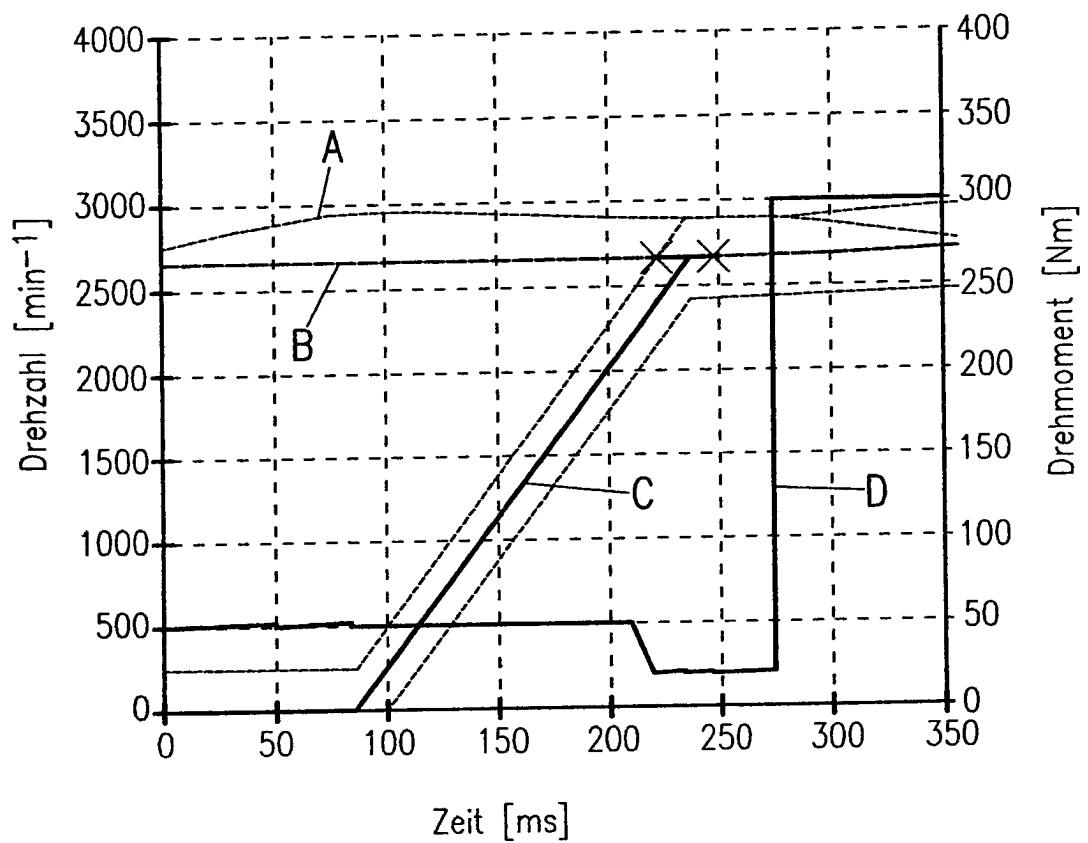
Fig.2Fig.5

Fig.3

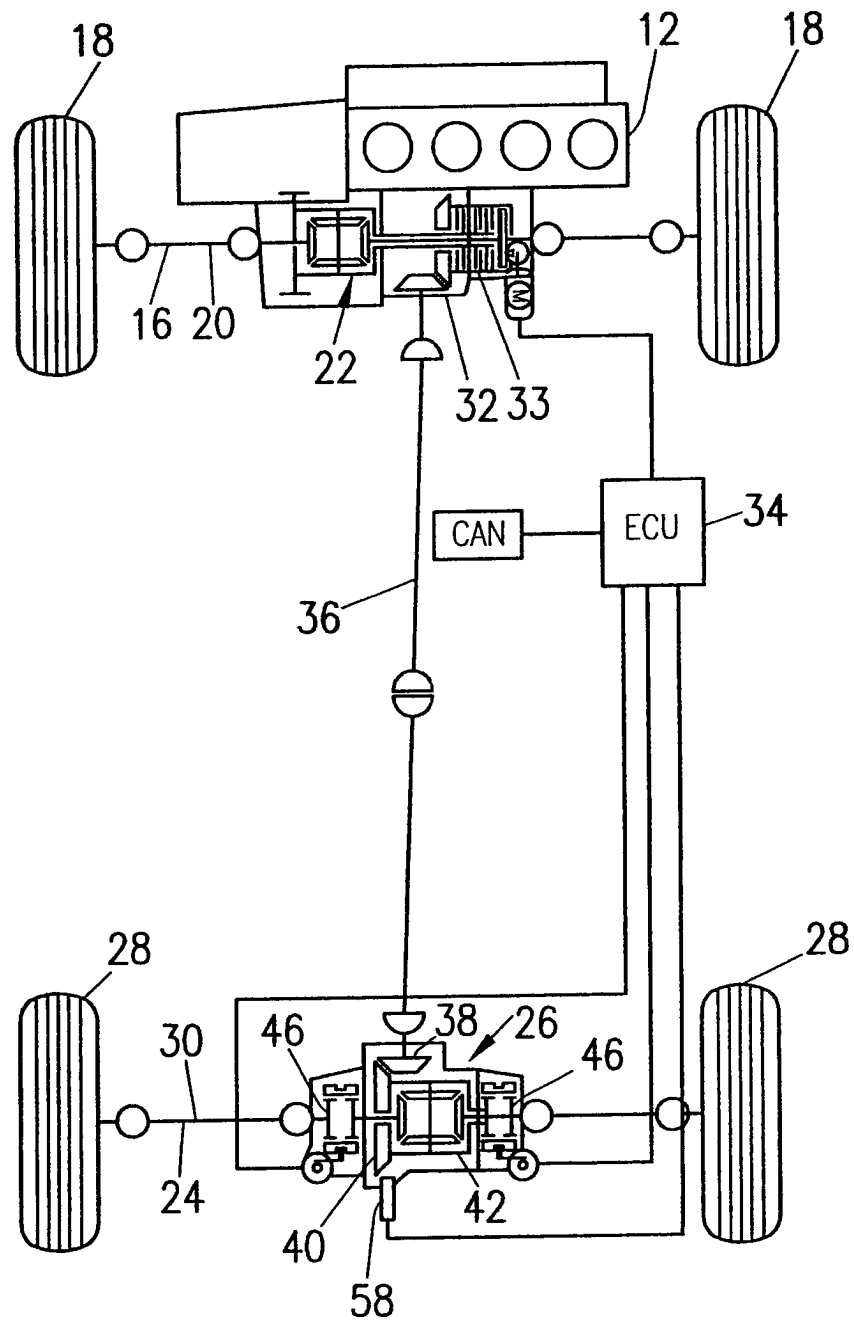


Fig. 4

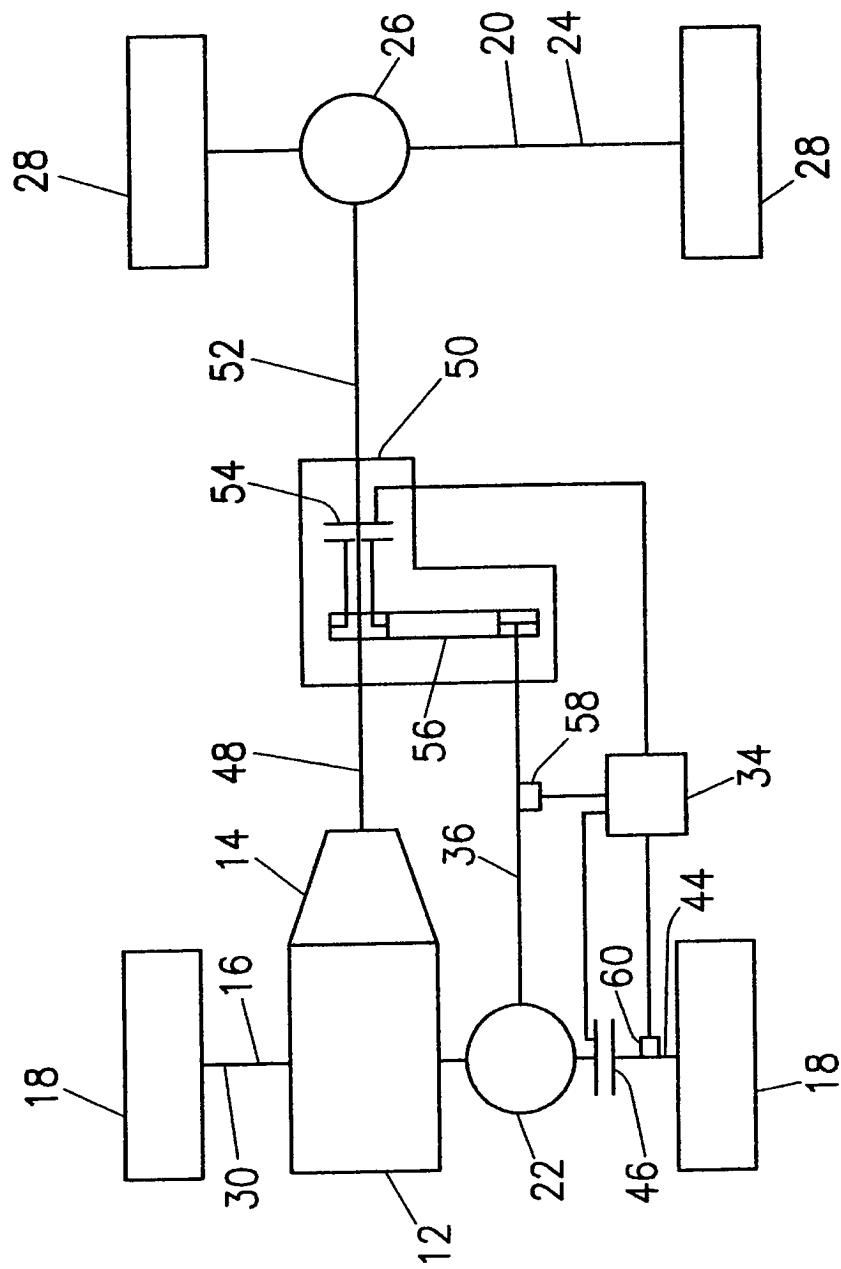


Fig.6

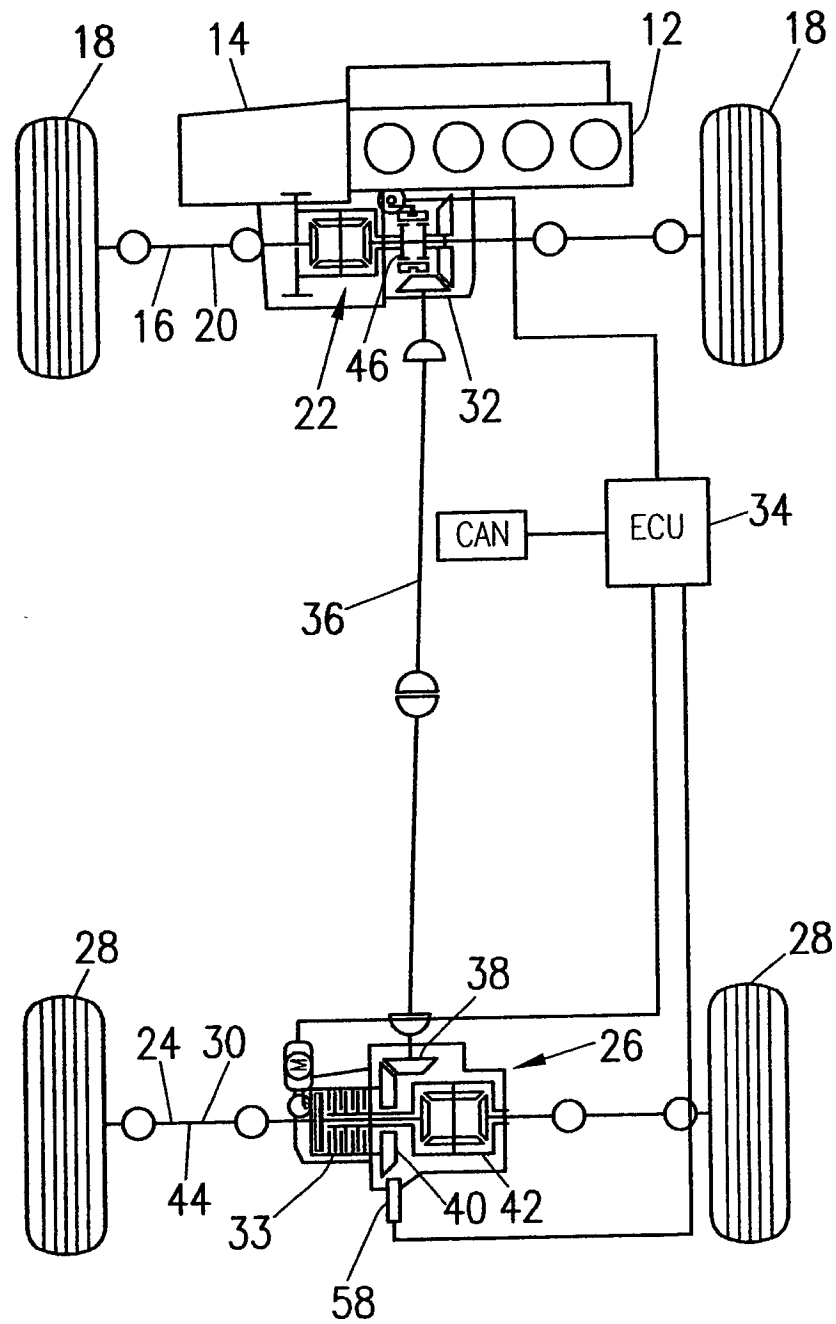


Fig.7

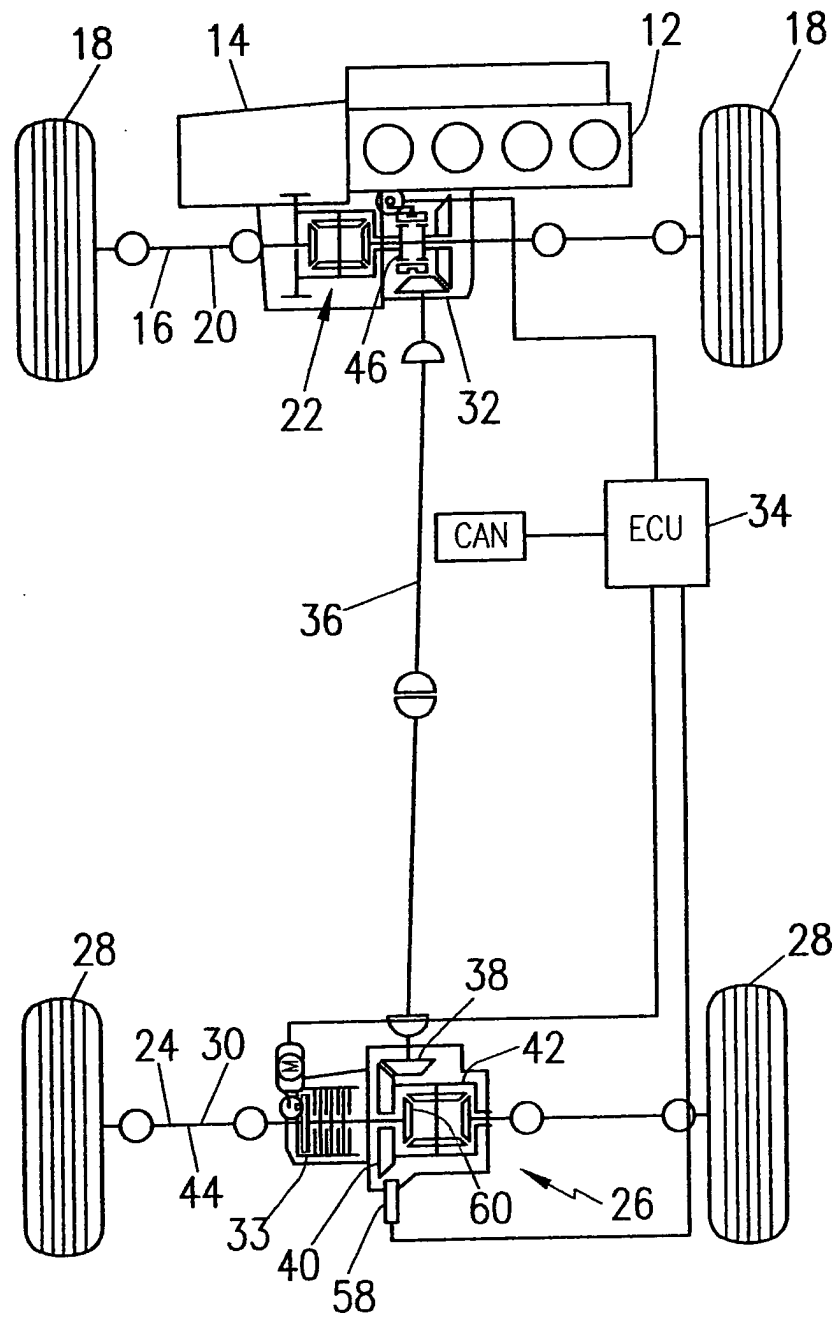


Fig.8

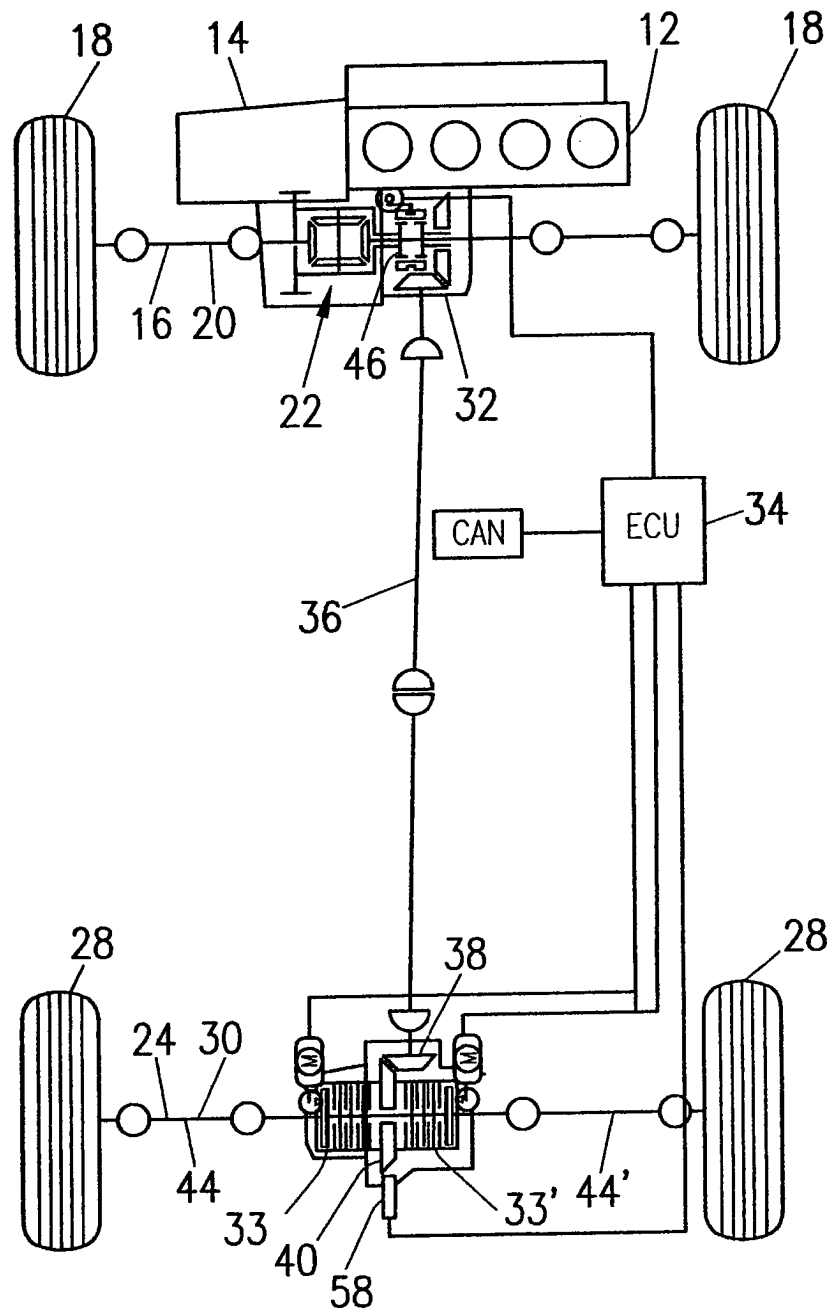


Fig.9

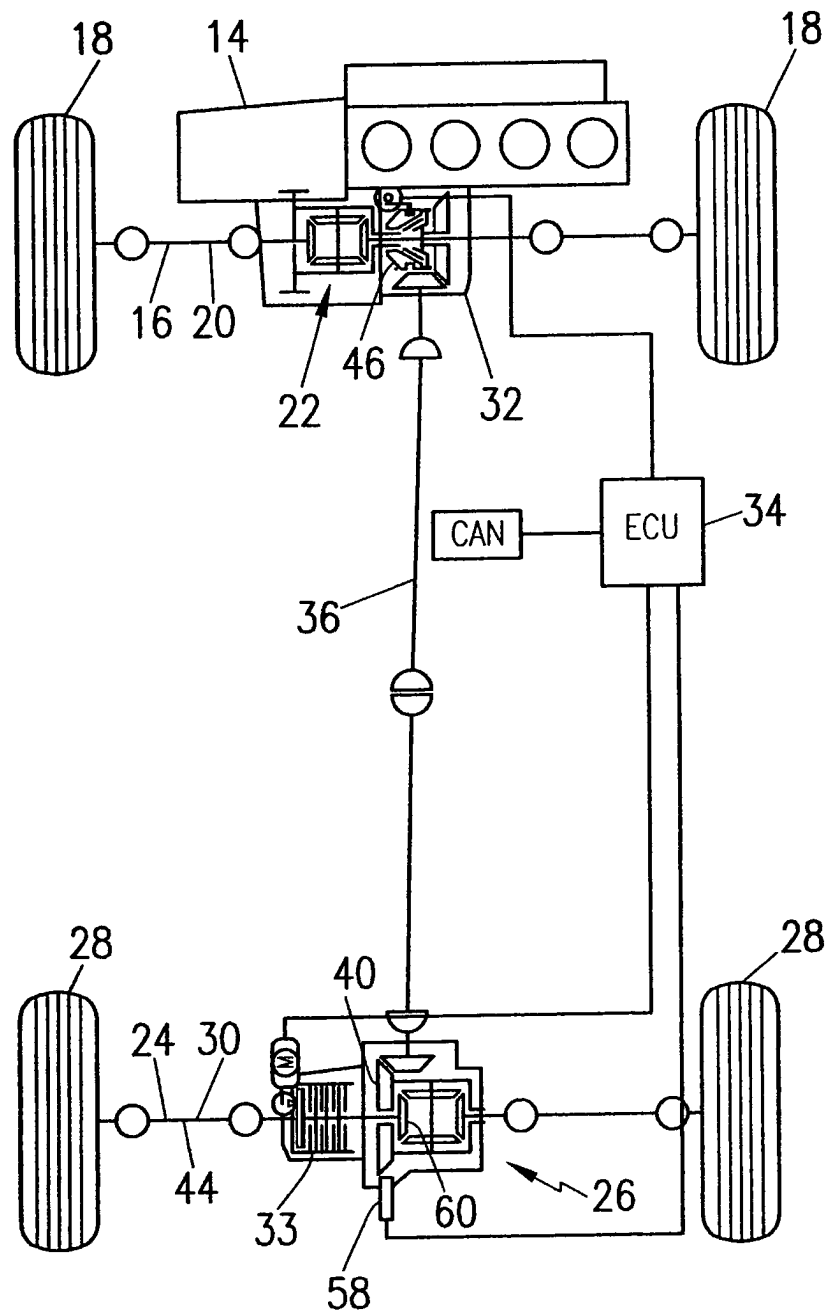


Fig. 10A

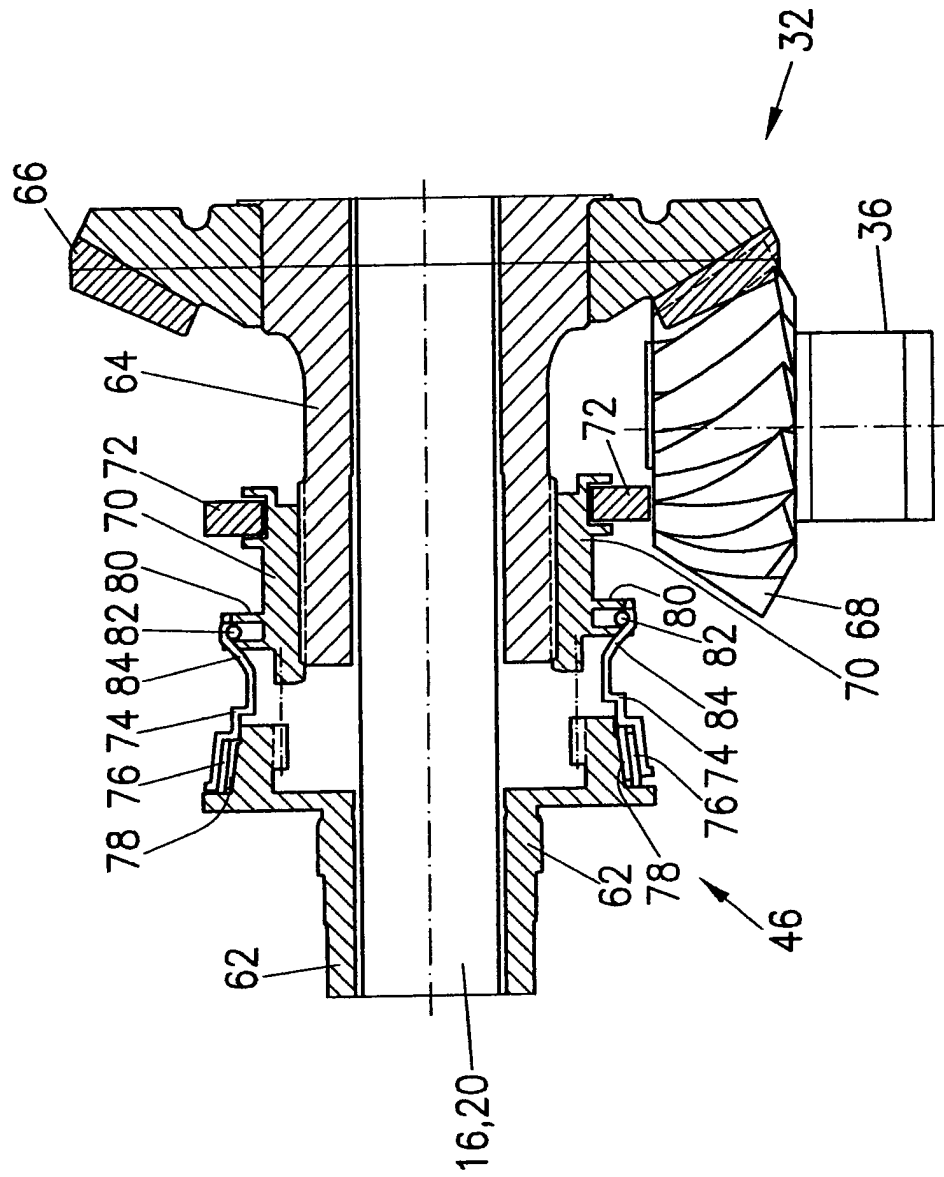


Fig.10B

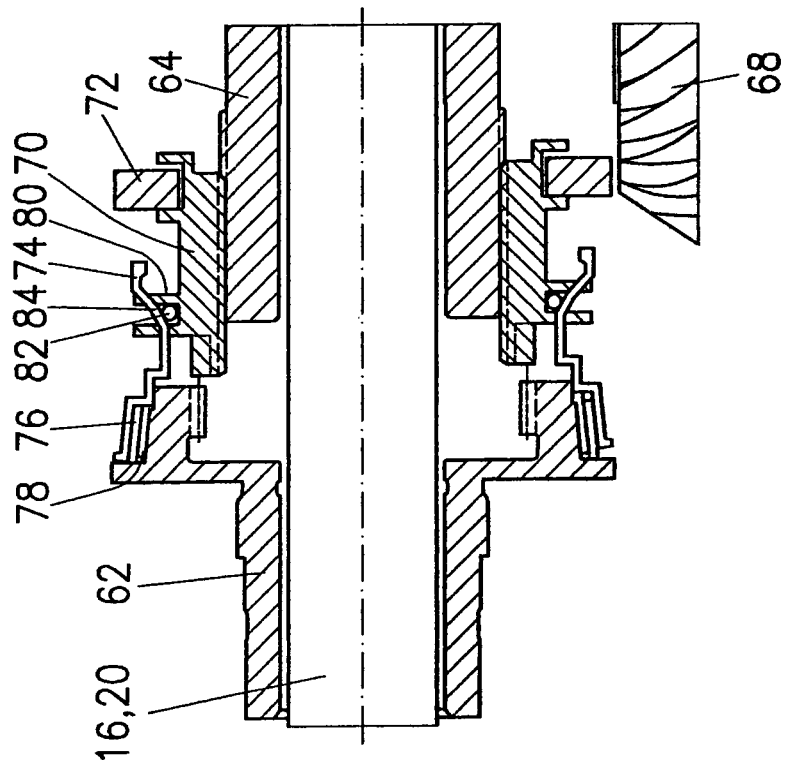


Fig.10C

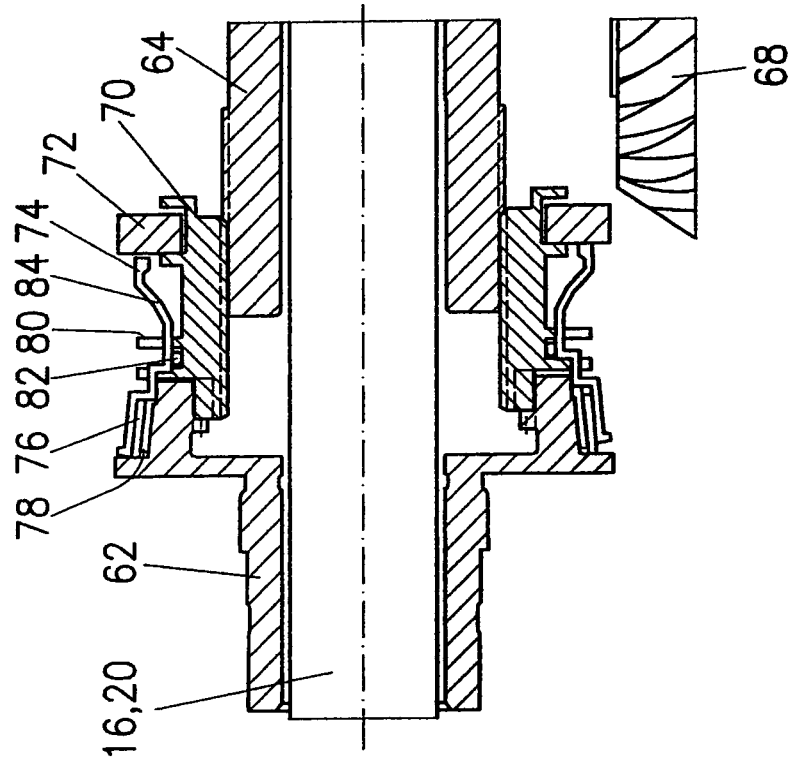


Fig.11

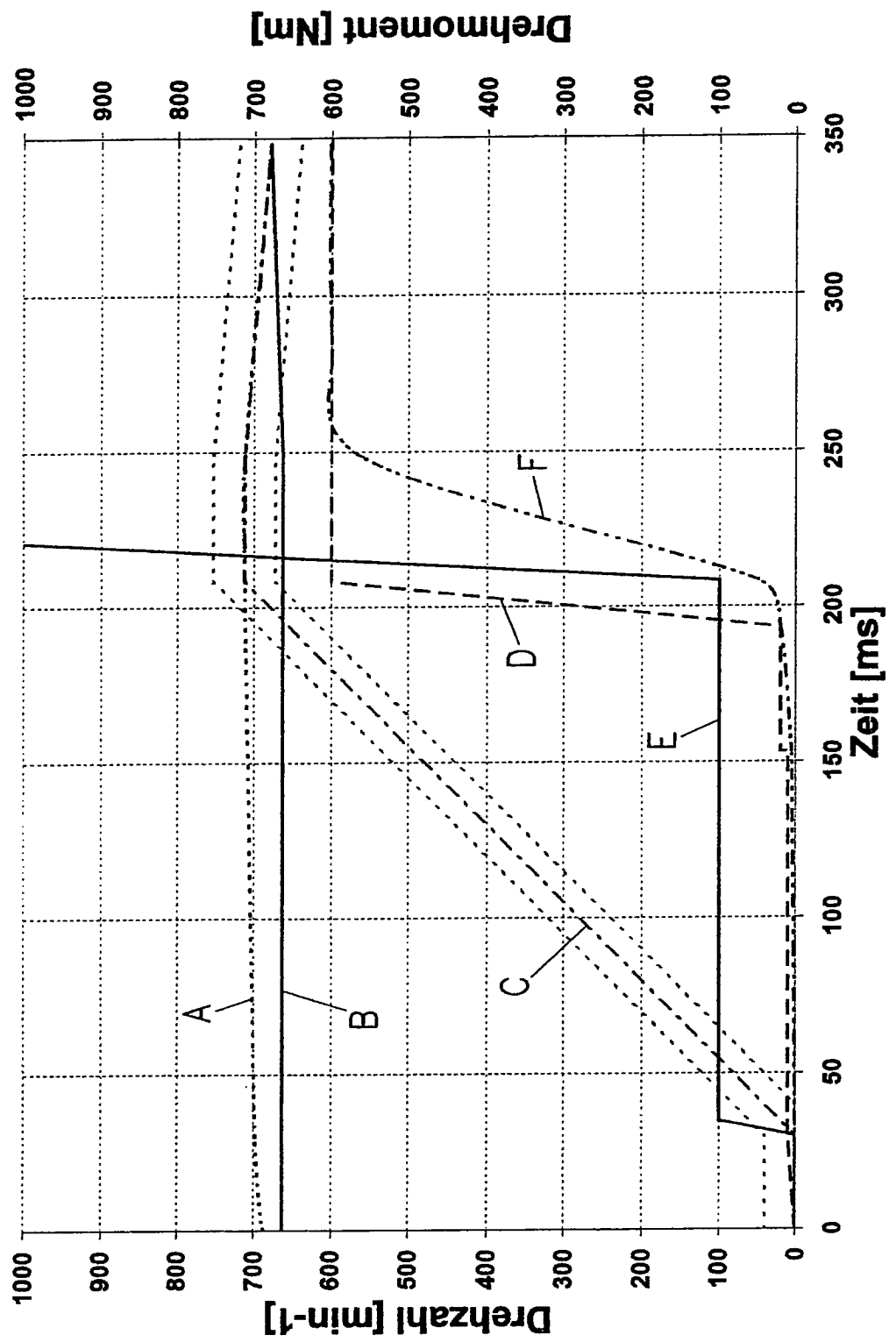


Fig.12

