



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **100 43 420.7**  
(22) Anmeldetag: **04.09.2000**  
(43) Offenlegungstag: **12.04.2001**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **12.11.2015**

(51) Int Cl.: **F16H 63/40 (2006.01)**  
**F16H 61/12 (2010.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:  
**199 48 300.0**      **06.10.1999**

(73) Patentinhaber:  
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074 Herzogenaurach, DE**

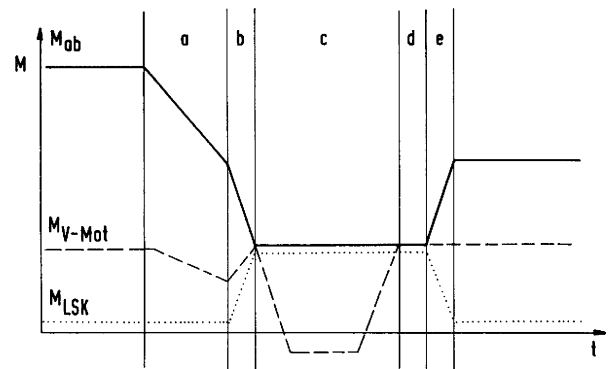
(72) Erfinder:  
**Brandt, Martin, Dr., 93107 Thalmassing, DE; Hirt, Gunter, 77889 Seebach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>35 12 603</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>43 09 903</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>196 02 006</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>198 59 458</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung eines Gangwechsellvorgangs**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung eines Gangwechsellvorgangs eines mit einem Antriebsmotor gekoppelten und mit einer Lastschaltkupplung versehenen Lastschaltgetriebes eines Fahrzeugs, wobei ein Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) des Antriebsmotors und ein Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) der Lastschaltkupplung verändert werden, dadurch gekennzeichnet, dass zu Beginn des Gangwechsellvorgangs bei geschlossener Lastschaltkupplung einer auszulegenden Gangstufe ein den Triebstrang des Fahrzeugs beaufschlagendes Abtriebsmoment ( $M_{ab}$ ) durch eine Verringerung des Motormoments ( $M_{V-Mot}$ ) des Antriebsmotors reduziert wird.



### Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Gangwechsellvorgangs eines mit einem Antriebsmotor gekoppelten und mit einer Kupplung, wie Reibungskupplung, versehenen Lastschaltgetriebes eines Fahrzeugs nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** In der Druckschrift DE 43 09 903 A1 ist ein Doppelkupplungsgetriebe offenbart, bei dem Gangwechsellvorgänge von geraden Gängen auf ungerade Gänge und von ungeraden Gängen auf gerade Gänge unter Last möglich sind.

**[0003]** Bei einem solchen Gangwechsellvorgang unter Last, beispielsweise von einem geraden Gang auf einen ungeraden Gang, kommt es zwischen den beiden Kupplungen des Doppelkupplungsgetriebes zu einer Überschneidungsschaltung, wobei das Kupplungsmoment der Kupplung des geraden Gangs vom eingerückten Zustand bis zum ausgerückten Zustand verringert wird, während das Kupplungsmoment der Kupplung des ungeraden Gangs vom ausgerückten Zustand bis zum eingerückten Zustand vergrößert wird.

**[0004]** Die DE 196 02 0006 A1 beschäftigt sich allgemein mit der thermischen Belastung von Kupplungen aufgrund von Kupplungsschlupf. Der Reibenergieeintrag in die Kupplung aufgrund von Kupplungsschlupf wird im Voraus berechnet. Ist eine Überschreitung eines Grenzwerts der Kupplungstemperatur absehbar, wird das übertragbare Drehmoment zeitlich veränderlich gesteuert.

**[0005]** Die DE 35 12 603 C1 betrifft eine Vorrichtung zur Verringerung des Motormoments beim Hochschalten eines dem Verbrennungsmotor nachgeschalteten Stufengetriebes.

**[0006]** Bei bekannten Handschaltgetrieben für beispielsweise Personenkraftwagen muß für den Gangwechsellvorgang die Zugkraft vom Verbrennungsmotor zum Antriebsstrang des Fahrzeugs unterbrochen werden, wobei hierzu entweder vom Fahrer des Fahrzeugs oder auch von einem Aktuator ein Anfahrlement in der Form beispielsweise einer Reibungskupplung geöffnet wird. Diese Zugkraftunterbrechung ist für den Benutzer des Fahrzeugs bei jedem Gangwechsellvorgang spürbar. Auch bei automatisierten Schaltgetrieben, bei denen der Gangwechsellvorgang über einen Aktuator abläuft, findet eine solche Zugkraftunterbrechung statt. Als lastschaltbare Getriebe sind bislang hauptsächlich in Planetenbauart ausgeführte Automatikgetriebe bekannt geworden, die sich zwar in der Praxis bewährt haben, aber aufwendig und damit teuer sind.

**[0007]** Zur Steigerung des Komforts beim Gangwechsellvorgang von Kraftfahrzeugen ist auch bereits ein lastschaltbares Getriebe in der Form eines sogenannten unterbrechungsfreien Schaltgetriebes bekannt geworden, welches auch ein Anfahrlement in der Form beispielsweise einer Reibungskupplung besitzt und bei dem zusätzlich auf der Antriebs- oder der Abtriebswelle des Getriebes eine schlupfende Reibungskupplung angeordnet ist, die bei geschlossener Anfahrkupplung und an der Getriebeeingangswelle wirkenden Drehmoment vom Antriebsmotor eine Drehmomentübertragung zwischen der Antriebswelle oder Eingangswelle des Getriebes und der Ausgangswelle oder Abtriebswelle des Getriebes ermöglicht, so daß eine Übertragung des Drehmoments auch während des Gangwechsellvorgangs dieses Lastschaltgetriebes möglich ist und damit der Gangwechsel unter Beibehaltung der Zugkraft vom Antriebsmotor auf den Antriebsstrang des Fahrzeugs möglich ist.

**[0008]** Es hat sich gezeigt, daß der mit einem solchen unterbrechungsfreien Lastschaltgetriebe erzielbare Komfort des Fahrzeugs in hohem Maße von der Charakteristik dieser zusätzlichen Reibungskupplung, auf die im weiteren als Lastschaltkupplung Bezug genommen wird, abhängt. Die thermische Belastung dieser Lastschaltkupplung ist insbesondere bei Volllastschaltungen sehr hoch, da bei einer solchen Schaltung weitgehend das gesamte vom Antriebsmotor bereitgestellte Antriebsmoment über die Lastschaltkupplung an den Antriebsstrang des Fahrzeugs zur Vermeidung einer Zugkraftunterbrechung übertragbar sein muß, da andernfalls bei einer vollen Beschleunigung des Fahrzeugs mit vollem vom Antriebsmotor bereitgestelltem Motormoment ein Einbruch der Zugkraft vom Fahrer des Fahrzeugs festgestellt werden könnte.

**[0009]** Die thermische Belastung der Lastschaltkupplung nimmt mit ihrer wirkungsmäßigen Anordnung in Richtung auf höhere Gangstufen des Lastschaltgetriebes zu. Wenn das Lastschaltgetriebe beispielsweise fünf Gangstufen für die normale Vorwärtsfahrt des damit ausgerüsteten Fahrzeugs aufweist, so ist die thermische Belastung der Lastschaltkupplung höher, wenn sie auf die fünfte Gangstufe des Getriebes wirkt, als wenn sie an der vierten Gangstufe des Getriebes angreifen würde. Bei einem solchen Getriebe ist aber die Anordnung der Lastschaltkupplung derart, daß sie auf die fünfte Gangstufe des Getriebes wirkt wünschenswert, da andernfalls eine Schaltung des Getriebes vom vierten in den fünften Gang nicht mehr lastschaltend ausgeführt werden könnte und damit von einer Unterbrechung der Zugkraft begleitet werden würde. Um aber eine hohe

Standfestigkeit der als Reibungskupplung ausgeführten Lastschaltkupplung zu erreichen, muß eine thermische Überbelastung der Lastschaltkupplung vermieden werden.

**[0010]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher nunmehr die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung eines Gangwechsellvorgangs eines Lastschaltgetriebes zu schaffen, welches die thermische Belastung der Lastschaltkupplung zugunsten einer hohen Standfestigkeit der Lastschaltkupplung verringert.

**[0011]** Das zur Lösung dieser Aufgabe geschaffene Verfahren weist die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale auf. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

**[0012]** Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß der Gangwechsellvorgang bei einem Lastschaltgetriebe in hohem Maße von dem über die Lastschaltkupplung übertragenen Moment beeinflusst wird. Das Kupplungsmoment beeinflusst beim Gangwechsellvorgang das am Antriebsstrang des Fahrzeugs anliegende Abtriebsmoment, die Synchronisationszeit und damit den Zeitbedarf für den Gangwechsellvorgang sowie die in die Lastschaltkupplung aufgrund ihres schlupfenden Eingriffs eingetragene Wärme und die Leistung der Lastschaltkupplung. Obwohl es grundsätzlich möglich ist, das Abtriebsmoment während des gesamten Gangwechsellvorgangs über das von der Lastschaltkupplung übertragene Moment zu beeinflussen, so führt eine Steuerung des Abtriebsmoments über das Kupplungsmoment zu einem hohen Energieeintrag in die Lastschaltkupplung in der Form von aufgrund des schlupfenden Reibeingriffs der Lastschaltkupplung entstehenden Wärme. Diese Wärme kann bei einer als Reibungskupplung mit zwei oder mehr oder bei in der Form einer Lamellenkupplung ausgeführten Reibungskupplung mit mehreren Kupplungsbelägen ausgeführten Lastschaltkupplung zwar durch Konvektion, Wärmestrahlung oder Transport in die Kupplungsdruckplatte und die Scheibe oder die Scheiben abgeführt werden, führt aber bei schnell hintereinander stattfindenden Lastschaltungen zu einer hohen thermischen Belastung der Lastschaltkupplung, ohne daß zwischen den einzelnen Lastschaltungen eine effektive Verringerung der Temperatur der Lastschaltkupplung stattfinden kann.

**[0013]** Die Erfindung schafft nun durch eine vorteilhafte Steuerung des Gangwechsellvorgangs Abhilfe, so daß die in die Lastschaltkupplung eingetragene Energie verringert werden kann, was nicht zuletzt auch für den Kraftstoffverbrauch eines mit einem nach einem solchen Verfahren arbeitenden Lastschaltgetriebe ausgestatteten Fahrzeugs von Vorteil ist, ohne daß der wünschenswerte Schaltkomfort durch zugkraftunterbrechungsfreie Schaltvorgänge negativ beeinflusst wird.

**[0014]** Nach der Erfindung ist nunmehr ein Verfahren zur Steuerung eines Gangwechsellvorgangs eines mit einem Antriebsmotor gekoppelten und mit einer Reibungskupplung versehenen Lastschaltgetriebes eines Fahrzeugs vorgesehen, nach dem das Motormoment und das Kupplungsmoment derart verändert wird, daß die in die Reibungskupplung eingetragene Wärme verringert wird, also die Erwärmung der Reibungskupplung verringert wird. Es heißt dies mit anderen Worten, daß bei dem als Lastschaltvorgang ablaufenden Gangwechsellvorgang nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sowohl das Motormoment als auch das Kupplungsmoment verändert wird und zwar so, daß verglichen mit einem Gangwechsellvorgang, bei dem nur das Kupplungsmoment der Lastschaltkupplung verändert wird und das vom Motor bereitgestellte Moment während des Gangwechsellvorgangs zumindest weitgehend konstant bleibt, nach der Erfindung sowohl das Motormoment als auch das Kupplungsmoment verändert wird und damit die in die Lastschaltkupplung eingetragene Energie, die dort in Wärme umgesetzt wird, verringert wird.

**[0015]** Hierbei kann zunächst zu Beginn des Gangwechsellvorgangs bei geschlossener Schaltkupplung der auszulegenden Gangstufe das den Triebstrang des Fahrzeugs beaufschlagende Abtriebsmoment über eine Verringerung des Motormoments reduziert werden. Damit wird zu Beginn einer Lastschaltung zunächst mittels eines Eingriffs in die Motorsteuerung und nicht durch den Einsatz der Lastschaltkupplung das Motormoment verringert. Zu Beginn des Gangwechsellvorgangs ist daher die Lastschaltkupplung offen und überträgt kein Moment. Da sich die Lastschaltkupplung, wenn sie zwischen der Antriebswelle und der Abtriebswelle des Lastschaltgetriebes ein Kupplungsmoment überträgt, im schlupfenden Eingriff befindet, führt eine Momentenübertragung durch die Lastschaltkupplung zu einer Temperaturerhöhung der Lastschaltkupplung. Zu Beginn des Lastschaltvorgangs wird aber das Abtriebsmoment nach dem Verfahren über eine Steuerung des Motormoments verringert, so daß die Lastschaltkupplung während dieser Zeitdauer der Verringerung des Abtriebsmoments durch den Motormomenteneingriff unbelastet verbleibt und daher kein Energieeintrag in die Lastschaltkupplung stattfindet.

**[0016]** Nach dieser ersten Verringerung des Abtriebsmoments wird in einem zweiten Schritt die Lastschaltkupplung zur Übertragung eines Kupplungsmoments in Eingriff gebracht. Durch die Lastschaltkupplung soll eine Unterbrechung der Zugkraft vom Antriebsmotor in den Triebstrang des Fahrzeugs während des Schalt-

vorgangs verhindert werden. Das von der Lastschaltkupplung übertragene Kupplungsmoment kann aufgrund den Schaltkomfort bestimmender Gradienten des Kupplungsmoments nicht sprunghaft erhöht werden, so daß während dieses zweiten Schritts die Lastschaltkupplung allmählich in Eingriff gebracht wird und sich damit das Kupplungsmoment erhöht. Während dieses Vorgangs wird die Verringerung des Abtriebsmoments fortgesetzt und gleichzeitig das Motormoment wieder erhöht. Die Erhöhung des Motormoments auf beispielsweise den maximalen Wert des Motormoments, den der Motor abzugeben in der Lage ist, führt dazu, daß bei einer vollen Beschleunigung des Fahrzeugs mit maximalem Motormoment oder auch mit einem niedrigeren Motormoment keine Zugkraftunterbrechung während des Ausspurvorgangs, also des Auslegens der auszulegenden Gangstufe vom Fahrer des Fahrzeugs festgestellt werden kann. Da in dieser Phase des Gangwechsellvorgangs das Kupplungsmoment auf einen Wert zumindest in Höhe des Motormoments erhöht wird, ist der Schlupf zwischen den Reibflächen der Lastschaltkupplung vergleichsweise hoch. Es ist daher von Vorteil, wenn die Zeit, die für das Angleichen des Kupplungsmoments und des Motormoments benötigt wird, kurz gehalten wird. Sobald festgestellt wird, daß das Motormoment und das Kupplungsmoment der Lastschaltkupplung weitgehend gleich sind, kann nach einer Fortbildung des Verfahrens die Schaltkupplung der auszulegenden Gangstufe geöffnet werden.

**[0017]** Um den Ausspurvorgang möglichst schnell durchführen zu können, ist es von Vorteil, wenn bereits vor dem Erreichen der weitgehenden Momentengleichheit des Motormoments und des Kupplungsmoments ein Aktuator die Schaltkupplung mit einer Ausspurkraft beaufschlagt, so daß die Schaltkupplung der auszulegenden Gangstufe geöffnet werden kann, wenn das an der Schaltkupplung der auszulegenden Gangstufe übertragene Moment einen vorbestimmten Schwellenwert unterschritten hat und somit der Ausspurvorgang zeitlich kurz gehalten werden kann. Der Ausspurvorgang kann dabei beispielsweise mittels einer Überwachung der Drehzahl eines Schaltmotors des Aktuators festgestellt werden.

**[0018]** Nach dem Ausspurvorgang und vor dem Einspurvorgang der neuen einzulegenden Gangstufe findet die Synchronisierung statt, während der das Abtriebsmoment alleine durch das von der Lastschaltkupplung übertragene Moment bestimmt wird. Es hat sich daher als vorteilhaft gezeigt, wenn nach dem Verfahren zur Synchronisierung das Motormoment verringert wird und das Kupplungsmoment derart verändert wird, daß das Abtriebsmoment einem nach dem Gangwechsellvorgang entsprechenden Abtriebsmoment entspricht.

**[0019]** Da während der Synchronisierung die auszulegende alte Gangstufe bereits kein Moment mehr überträgt und die einzulegende neue Gangstufe noch kein Moment überträgt, wird während der Synchronisierung das Abtriebsmoment durch das von der Lastschaltkupplung übertragene Kupplungsmoment bestimmt. Es ist daher von Vorteil, wenn zur Verkürzung der Synchronisierung das Motormoment so schnell, wie es die Motorsteuerung gestattet, auf einen minimalen Wert reduziert wird.

**[0020]** Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird daher zur Verkürzung der Synchronisierung der Antriebsmotor nach dem Auslegen der auszulegenden Gangstufe in den Schleppzustand versetzt, was dazu führt, daß das massenträgheitsbedingte Weiterlaufen des Motors verkürzt werden kann. Der in den Schleppzustand versetzte Motor reduziert die Drehzahl des Motors und der Getriebeeingangswelle und beschleunigt den Synchronisationsvorgang und sorgt daher für eine Verringerung der in die Lastschaltkupplung während der Synchronisierung eingetragenen Energie. Diese Vorgehensweise, den Motor schnellstmöglich in den Schleppzustand zu versetzen, setzt einen entsprechend schnell reagierenden Antriebsmotor, also beispielsweise einen schnell reagierenden Verbrennungsmotor voraus. Bei einem Verbrennungsmotor, der es nicht ermöglicht, schnell in den Schleppzustand versetzt werden zu können, ist es von Vorteil, wenn zur Verkürzung der Synchronisierung das Kupplungsmoment über das maximale Motormoment hinaus erhöht wird, so daß die Drehzahl des Antriebsmotors und der Eingangswelle des Lastschaltgetriebes verringert wird. Das auf diese Weise erhöhte Kupplungsmoment bremst den Antriebsmotor aktiv gegen den Triebstrang ab, so daß die Erhöhung des Kupplungsmoments über das maximale Motormoment hinaus zu einer Verkürzung der für die Synchronisierung benötigten Zeitdauer führt und damit der Energieeintrag in die Lastschaltkupplung während der Synchronisierung wieder verringert werden kann.

**[0021]** Nach einer Fortbildung des Verfahrens wird bei weitgehend erfolgter Synchronisierung das Kupplungsmoment und das Motormoment auf weitgehend gleiche Werte eingestellt. Die Schaltkupplung der einzulegenden Gangstufe wird bei weitgehend gleicher Drehzahl und Beschleunigung der Eingangswelle und der Ausgangswelle des Lastschaltgetriebes geschlossen. Während dieses Einspurvorgangs ist die in der Lastschaltkupplung auftretende Schlupfdrehzahl gering und das Kupplungsmoment entspricht zumindest weitgehend dem Motormoment, so daß die in die Lastschaltkupplung eingetragene Energie gering ist. Wenn die Schaltkupplung der neu einzulegenden Gangstufe geschlossen ist, so wird die Lastschaltkupplung geöffnet und damit das Kupplungsmoment verringert. Das Öffnen der Lastschaltkupplung muß dabei mit einem komfortbe-

stimmenden Gradienten ablaufen, da die Lastschaltkupplung weiterhin Moment überträgt und ein beispielsweise ruckartiges Öffnen der Lastschaltkupplung zu einer sprungartigen Veränderung des Abtriebsmoments im Triebstrang des Fahrzeugs und damit zu einem Schaltrucken führen würde.

**[0022]** Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist außerdem vorgesehen, daß die Temperatur der Reibungskupplung zur Vermeidung einer thermischen Überbelastung überwacht wird. In die Lastschaltkupplung wird während einer Lastschaltung aufgrund der auf Reibung basierenden Momentenübertragung Energie eingetragen, die in Wärme umgewandelt wird. Die Wärme wird zwar durch Konvektion, Strahlung oder Transport in die Kupplungsdruckplatte und die Scheibe zumindest teilweise abgeführt, erfolgen aber die Lastschaltungen in kurzen zeitlichen Abständen, so erhöht sich die Temperatur der Lastschaltkupplung, ohne daß eine effektive Abgabe der Wärme stattfinden kann. Eine thermische Überbelastung der Lastschaltkupplung kann zu ihrer mechanischen Beschädigung führen.

**[0023]** Es ist daher nach der Erfindung vorgesehen, daß nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Reibungskupplung, das Kupplungsmoment in Abhängigkeit von der Temperatur verringert wird. Eine solche Verringerung des Kupplungsmoments ermöglicht zwar weiterhin eine Lastschaltung, führt aber dazu, daß der Schaltkomfort durch die Verringerung des Kupplungsmoments reduziert wird, was dem Fahrer des mit dem Lastschaltgetriebe ausgestatteten Fahrzeugs auch durch die Abnahme des Schaltkomforts mitgeteilt wird, da eine solche zu hohe Temperatur der Lastschaltkupplung in der Regel nur dann auftritt, wenn der Fahrer des Fahrzeuges das Fahrzeug nicht bestimmungsgemäß fährt und beispielsweise aufgrund der Betätigung des Gaspedals schnell aufeinander folgende Pendelschaltungen in den unteren Gängen bei Vollast und hoher Motordrehzahl bewirkt, wird er durch die Abnahme des Schaltkomforts auf sein Fehlverhalten hingewiesen.

**[0024]** Nach einer Weiterbildung des Verfahrens wird nach einer Feststellung einer zu hohen Temperatur der Reibungskupplung ein Rückschaltvorgang des Lastschaltgetriebes in die erste Gangstufe verhindert. Aufgrund des hohen Stufensprungs zwischen der ersten und der zweiten Gangstufe führt insbesondere ein Lastschaltvorgang von der ersten zur zweiten Stufe zu einer hohen thermischen Belastung der Lastschaltkupplung. Eine weitere Erhöhung der Temperatur der Lastschaltkupplung aufgrund von unter Last stattfindenden Schaltvorgängen aus der ersten in die zweite Gangstufe wird daher dadurch vermieden, daß ein Rückschaltvorgang in die erste Gangstufe verhindert wird.

**[0025]** Darüber hinaus ist es nach dem Verfahren vorgesehen, daß nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Reibungskupplung diese während der Synchronisierung auch offen sein kann und damit kein Moment überträgt. Es führt dies zwar zu einer deutlichen Verringerung des Schaltkomforts aufgrund der damit bedingten vollständigen Zugkraftunterbrechung, es wird aber damit eine Beschädigung der Lastschaltkupplung aufgrund einer festgestellten deutlich zu hohen Temperatur vermieden. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, daß bei einem bestimmungsgemäßen Gebrauch des mit einem solchen Lastschaltgetriebe ausgestatteten Fahrzeugs eine derart hohe Temperatur der Lastschaltkupplung nicht auftritt, sondern Folge eines Fehlverhaltens des Fahrers ist, was ihm durch die vollständige Zugkraftunterbrechung beim Schaltvorgang und dem damit bedingten verringerten Schaltkomfort mitgeteilt wird.

**[0026]** Auch ist nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Reibungskupplung vorbestimmte Schaltdrehzahlen des Lastschaltgetriebe verringert werden und damit der Energieeintrag in die Lastschaltkupplung vermindert wird. Hierbei ist zu erwähnen, daß die vorstehend geschilderten Maßnahmen nach der Feststellung einer zu hohen Temperatur der Reibungskupplung in Abhängigkeit von der Höhe der Temperaturüberschreitung alternativ oder auch zusammen zur Anwendung kommen können.

**[0027]** Nach der Erfindung ist es auch vorgesehen, daß die von der Reibungskupplung übertragene Leistung überwacht wird und nach der Feststellung einer Überschreitung einer vorbestimmten Maximalleistung das Kupplungsmoment verringert wird und beispielsweise auf einen Wert bis zum maximalen Motormoment abgesenkt wird, so daß beispielsweise während der Synchronisierung keine Momentenüberhöhung des Kupplungsmoments über das Motormoment hinaus mehr stattfindet, so daß eine Beschädigung der Lastschaltkupplung sicher vermieden werden kann. Mit dieser Maßnahme kann eine Beschädigung der Lastschaltkupplung vermieden werden, noch bevor eine zu hohe Temperatur der Lastschaltkupplung festgestellt werden kann.

**[0028]** Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in

**[0029]** Fig. 1 eine Darstellung von Momentenverläufen aufgetragen über der Zeit während verschiedener Phasen des Gangwechsellvorgangs nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

**[0030]** Fig. 2 eine Darstellung ähnlich derjenigen nach Fig. 1 gemäß einer alternativen Ausführungsform des Verfahrens.

**[0031]** Wenn die als Reibungskupplung ausgebildete Lastschaltkupplung eines unterbrechungsfreien Schaltgetriebes beim Gangwechsellvorgang ein Moment zwischen der Eingangs- und Ausgangswelle des Lastschaltgetriebes überträgt und damit einen deutlichen Einbruch der den Triebstrang des Fahrzeugs beaufschlagenden Zugkraft des Motors verhindert, dann befindet sie sich in einem Schlupfzustand und überträgt mittels Reibung ein Moment. Diese auf Reibung basierende Momentenübertragung führt zu einer Erwärmung der Lastschaltkupplung. Ganz allgemein wird die in die Lastschaltkupplung eingetragene Energie bestimmt durch die Zeitdauer der Synchronisation, dem an der Lastschaltkupplung anliegenden Moment sowie der Drehzahldifferenz der Reibpartner der Lastschaltkupplung. Die für die Synchronisierung benötigte Zeit wiederum hängt von der Differenz zwischen dem Motormoment und dem Kupplungsmoment während der Synchronisationsphase ab.

**[0032]** Fig. 1 der Zeichnung zeigt nun einen Verlauf des Abtriebsmoments  $M_{ab}$ , welches den Triebstrang eines Fahrzeuges beaufschlagt, welches ein Lastschaltgetriebe aufweist, bei dem der Gangwechsellvorgang nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gesteuert wird, des Motormoments  $M_{V\_Mot}$  und des Kupplungsmoments  $M_{LSK}$  der Lastschaltkupplung, aufgetragen über der Zeit während eines Gangwechsellvorgangs ohne Zugkraftunterbrechung. Der Gangwechsellvorgang ist dabei in einzelne Phasen a bis e unterteilt. Bei dem Gangwechsellvorgang kann es sich um einen vollständig oder auch nur teilweise automatisierten Gangwechsellvorgang oder Schaltvorgang eines unterbrechungsfreien Schaltgetriebes handeln.

**[0033]** Der Schaltvorgang kann bei einem gegebenen Abtriebsmoment  $M_{ab}$  beispielsweise dadurch eingeleitet werden, daß eine aufgrund der Drehmomentcharakteristik des Antriebsmotors vorgegebene Schaltdrehzahl erreicht worden ist. Bei dem hier diskutierten Gangwechsellvorgang handelt es sich um einen unter Last durchgeführten Hochschaltvorgang, also beispielsweise einem Schaltvorgang von der ersten Gangstufe in die zweite Gangstufe des Lastschaltgetriebes.

**[0034]** Zu Beginn der Lastschaltung, also in der ersten Phase a wird das Abtriebsmoment bei geschlossener Schaltkupplung der auszulegenden Gangstufe unter Zuhilfenahme der Motorsteuerung abgesenkt und zwar derart, daß das Motormoment  $M_{V\_Mot}$  mit einem für den Fahrer des Fahrzeugs komfortablen Gradienten verändert, d. h. abgesenkt wird. Während dieser Phase a des Gangwechsellvorgangs bleibt die Lastschaltkupplung LSK offen und überträgt kein Kupplungsmoment, wird also auch nicht aufgrund einer Momentenübertragung thermisch belastet.

**[0035]** Wenn dahingegen während dieser ersten Phase des Gangwechsellvorgangs gemäß einer weniger vorteilhaften Strategie das Abtriebsmoment über einen kombinierten Eingriff in die Motorsteuerung und eine Erhöhung des Kupplungsmoments im  $M_{LSK}$  verändert werden würde, so würde in diesem Bereich a aufgrund maximalem Schlupf zwischen den Reibpartnern der Lastschaltkupplung eine hohe Energie in die Lastschaltkupplung eingebracht werden und sie dadurch thermisch hoch belastet werden, was vermieden werden soll. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird daher zu Beginn des Gangwechsellvorgangs das Abtriebsmoment durch eine Verringerung des Motormoments reduziert.

**[0036]** In der sich an die Phase a anschließende Phase b wird die Reduktion des Abtriebsmoments fortgesetzt. Da aber während des Gangwechsellvorgangs die Zugkraft erhalten bleiben soll, wird nun die Lastschaltkupplung LSK in Eingriff gebracht. Bei einem unter Vollast ablaufenden Schaltvorgang wird unter Beibehaltung der Zugkraft oder unter nur geringfügiger Reduktion der Zugkraft ein vom Fahrer des Fahrzeugs als komfortabel empfundener Schaltvorgang erreicht, wenn das verfügbare Motormoment auf den Maximalwert angehoben wird, was während der Phase b durchgeführt wird. Gleichzeitig wird das Kupplungsmoment der Lastschaltkupplung erhöht, da während des sich anschließenden Ausspurrvorgangs der auszulegenden Gangstufe das Motormoment und das Kupplungsmoment gleiche Werte aufweisen müssen.

**[0037]** Die Lastschaltkupplung wird also nach dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht schon mit dem Beginn der Verringerung des Abtriebsmoments in Einsatz gebracht, sondern erst zu einem Zeitpunkt, nachdem das Abtriebsmoment bereits durch eine Motorsteuerung deutlich verringert worden ist. Wenn sich das Motormoment und das Kupplungsmoment auf etwa gleichem Niveau befinden, dann kann die Schaltkupplung der auszulegenden aktuellen Gangstufe geöffnet werden. Dies findet zu Beginn der mit c bezeichneten dritten Phase statt. Um diesen Ausspurrvorgang möglichst schnell durchzuführen zu können, wird in der Phase b an die Schaltkupplung, beziehungsweise deren Schaltmuffe bereits eine Ausspurrkraft eines Aktuators angelegt, so daß sichergestellt ist, daß die Schaltkupplung geöffnet wird, sobald das an der Schaltkupplung übertragene

Moment einen Schwellenwert unterschritten hat. Der Ausspurvorgang kann dabei beispielsweise durch eine Beobachtung der Drehzahl eines Schaltmotors des Aktuators überwacht werden.

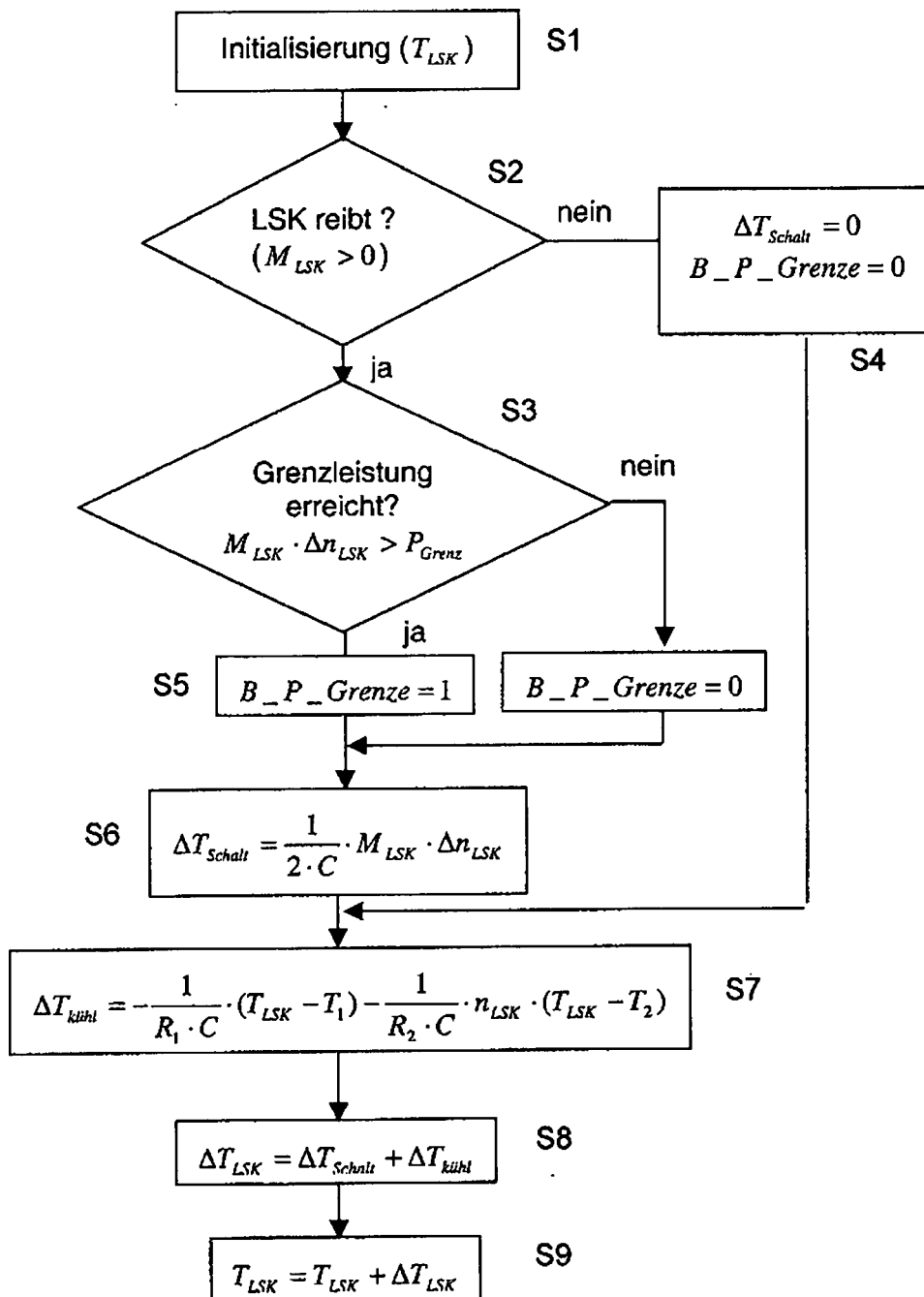
**[0038]** Während der mit c bezeichneten Phase des Schaltvorgangs findet die Motor- und Getriebesynchronisation statt. Die auszulegende Gangstufe ist bereits ausgelegt und die neue einzulegende Gangstufe befindet sich noch nicht im Eingriff, so daß während dieser Phase der Synchronisierung das den Triebstrang des Fahrzeugs beaufschlagende Abtriebsmoment alleine durch das von der Lastschaltkupplung übertragene Kupplungsmoment bestimmt wird. Damit die von der Lastschaltkupplung in Wärme umgesetzte Energie gering bleibt, ist es von Vorteil, das Motormoment während der Synchronisierung möglichst schnell auf einen sehr geringen Wert zu reduzieren. Von besonderem Vorteil ist es, den Motor während der Synchronisierung schnell in den Schubbetrieb oder Schleppzustand zu versetzen, was durch eine entsprechende Steueranweisung an die Motorsteuerung schnell realisiert werden kann. Ein in den Schleppzustand versetzter Motor führt nämlich zu einer Reduzierung der Drehzahl von Motor und Getriebeeingangswelle, beschleunigt den Synchronisationsvorgang und sorgt damit aufgrund der kurzen Synchronisationszeit für einen kleinen Energieeintrag in die Lastschaltkupplung und damit für eine nur geringe Erwärmung der Lastschaltkupplung. Wenn der Antriebsmotor einen schnellen Übergang in den Schubbetrieb nicht zuläßt und es sich daher um einen Motor mit geringerer Dynamik handelt, so kann es von Vorteil sein, das Kupplungsmoment der Lastschaltkupplung während der Synchronisierung über das maximale Motormoment hinaus zu erhöhen, wodurch das massenträgheitsbedingte Weiterlaufen des Verbrennungsmotors abgekürzt wird, der Motor also aktiv gebremst wird und auf diese Weise die Synchronisationszeit wieder verringert wird. Dies führt wieder zu einer Verringerung des Energieeintrags in die Lastschaltkupplung während der Synchronisationsphase. Bei dieser Vorgehensweise ist aber zu beachten, daß die Momentenüberhöhung des Kupplungsmoments über das maximale Motormoment hinaus zu einer erhöhten Temperaturbelastung der Lastschaltkupplung führen kann, was aber mittels einer Überwachung der Temperatur der Lastschaltkupplung festgestellt werden kann.

**[0039]** Wenn die zum Einlegen der neuen einzuspurenden Gangstufe erforderliche Zieldrehzahl durch den Synchronisationsvorgang weitgehend erreicht worden ist, so kann die Schaltkupplung der neuen Gangstufe bei Gleichheit der Drehzahl und der Beschleunigung der zu verbindenden Schaltelemente geschlossen werden. Hierzu wird das Motormoment an das Kupplungsmoment angepaßt, was zu Ende der Phase c anhand der **Fig. 1** ersichtlich ist. Da sich damit das Motormoment und das Kupplungsmoment auf gleichem Niveau befinden und die Schlupfdrehzahl der Lastschaltkupplung gering ist, ist während der Einspurphase d der Energieeintrag in die Lastschaltkupplung gering.

**[0040]** Nach Abschluß des Einspurvorgangs der neu einzulegenden Gangstufe kann die Lastschaltkupplung mit einem komfortbestimmenden Gradienten geöffnet werden, d. h. das Kupplungsmoment mit einem komfortbestimmenden Gradienten verringert werden, wobei darauf zu achten ist, daß dieser Vorgang möglichst schnell abläuft, da die Lastschaltkupplung weiterhin Moment überträgt und sich damit im wärmeerzeugenden Schlupfzustand befindet.

**[0041]** Da die Lastschaltkupplung während der gesamten Momentenübertragung einer thermischen Belastung unterliegt, ist es von Vorteil, die Temperatur der Lastschaltkupplung zu überwachen, wobei dies beispielsweise über Temperatursensoren stattfinden kann, oder auch mittels eines Temperaturmodells, welches aktuelle Temperaturen der Lastschaltkupplung rechnerisch bestimmt.

**[0042]** Bei einer derartigen rechnerischen Bestimmung kann als Ausgangstemperatur beispielsweise die Kühlmitteltemperatur oder auch die Öltemperatur des Fahrzeugs beim Start herangezogen werden. Mit dieser Temperatur  $T_{LSK}$  wird ein Verfahren zur Bestimmung der Temperatur der Lastschaltkupplung initialisiert. Das nachfolgende Schema zeigt den Ablauf der Bestimmung der Temperatur der Lastschaltkupplung auf:



**[0043]** Nach dem Schritt der Initialisierung (Schritt S1) folgt im Schritt S2 die Feststellung, ob sich die Lastschaltkupplung im Eingriff befindet und damit reibt, ob also das Moment  $M_{LSK}$  größer Null ist.

**[0044]** Wenn dem so ist, dann wird in einem nächsten Schritt S3 überprüft, ob die Grenzleistung der Lastschaltkupplung erreicht ist, ob also die Maximalleistung an der Lastschaltkupplung erreicht worden ist, so daß eine sofortige Reduzierung des Kupplungsmoments bis beispielsweise zum maximalen Motormoment eine Beschädigung der Lastschaltkupplung verhindern könnte.

**[0045]** Wenn im Schritt S2 festgestellt wurde, daß sich die Lastschaltkupplung nicht im Eingriff befindet, dann wird in einem Schritt S4 eine Schaltdifferenztemperatur  $\Delta T_{Schalt}$  mit Null festgesetzt und festgelegt, daß die Grenzleistung der Lastschaltkupplung nicht erreicht worden ist, also eine Bitvariable  $B\_P\_Grenze$  zu Null festgesetzt wird.

**[0046]** Im Schritt S5 wird festgestellt, ob die Grenzleistung der Lastschaltkupplung erreicht worden ist ( $B\_P\_Grenze = 1$ ) oder ob dies nicht der Fall ist ( $B\_P\_Grenze = 0$ ).



**[0047]** Beim Schritt S6 erfolgt die Berechnung der durch den Schaltvorgang bedingten Temperaturerhöhung mit dem Kupplungsmoment  $M_{LSK}$  und der Schlupfdrehzahl der Lastschaltkupplung  $\Delta n_{LSK}$  sowie der Wärmekapazität  $C$ .

**[0048]** Im nächsten Schritt S7 wird dann der Abkühlung durch Konvektion, Strahlung oder Transport in die Kupplungsdruckplatte und die Scheibe Rechnung getragen, so daß sich im Schritt S8 die Temperaturveränderung der Lastschaltkupplung aus der Temperaturveränderung durch den Schaltvorgang und der Temperaturveränderung durch das Abkühlen der Lastschaltkupplung ergibt und sich die Temperatur der Lastschaltkupplung  $T_{LSK}$  im Schritt S9 aus der um die Temperaturveränderung der Lastschaltkupplung  $\Delta T_{LSK}$  und der Temperatur vor dem Schaltvorgang ergibt.

**[0049]** Wenn nun eine zu hohe Temperatur der Lastschaltkupplung anhand des vorstehend beschriebenen Ablaufschemas festgestellt worden ist, so kann hierauf in Abhängigkeit von der festgestellten Temperaturüberschreitung in unterschiedlicher Weise reagiert werden.

**[0050]** So ist es möglich, das Maximalmoment, das während des Gangwechselforgangs an der Lastschaltkupplung anliegt, zu reduzieren und zwar beispielsweise in der Form einer temperaturabhängigen Reduzierung des maximalen Kupplungsmoments bis zum maximalen Motormoments und in der Synchronisationsphase keine Momentenüberhöhung mehr vorzunehmen. Dies führt dazu, daß Schaltvorgänge weiterhin lastschaltend durchgeführt werden, aber mit geringerem Komfort, da das Abtriebsmoment während der Synchronisation gesenkt wird. Der Fahrer eines mit einem solchen Lastschaltgetriebe ausgestatteten Fahrzeugs kann diese Verringerung des Schaltkomforts feststellen und daraufhin beispielsweise seine Fahrweise entsprechend modifizieren.

**[0051]** Auch kann ein Rückschaltvorgang vom zweiten in die erste Gangstufe bei einer festgestellten zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung verhindert werden, da der darauf folgende Hochschaltvorgang vom ersten in die zweite Gangstufe aufgrund des größten Stufensprungs zwischen dem ersten und dem zweiten Gang mit einem maximalen Energieeintrag in die Lastschaltkupplung verbunden ist.

**[0052]** Auch ist es möglich, daß bei einer festgestellten deutlich zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung der Hochschaltvorgang mit Zugkraftunterbrechung durchgeführt wird, so daß während der Motor- und Getriebesynchronisation die Lastschaltkupplung offen bleibt und nur mehr das Schleppmoment des Antriebsmotors für eine Motor- und Getriebesynchronisation sorgt.

**[0053]** Zur Verringerung des Energieeintrags in die Lastschaltkupplung ist es auch möglich, die Schaltdrehzahl, insbesondere in den unteren Gängen des Lastschaltgetriebes, die für einen hohen Energieeintrag in die Lastschaltkupplung verantwortlich sind, zu senken, so daß die Schlupfdrehzahl der Lastschaltkupplung abnimmt.

**[0054]** Die vorstehend genannten Maßnahmen können je nach Höhe der festgestellten Temperaturüberschreitung gesteuert zum Einsatz kommen, wohingegen, wenn festgestellt wird, daß die maximale Leistung der Lastschaltkupplung überschritten wird, eine sofortige Reduzierung des Kupplungsmoments auf beispielsweise das maximale Motormoment von Vorteil ist, um eine Beschädigung der Lastschaltkupplung zu vermeiden.

**[0055]** Fig. 2 der Zeichnung zeigt nun einen Momentenverlauf ähnlich demjenigen nach Fig. 1 mit dem Unterschied, daß während der Phase der Synchronisierung das Kupplungsmoment  $M_{LSK}$  deutlich über das maximale Motormoment  $M_{V\_Mot}$  erhöht wird, so daß zur Verkürzung der Synchronisierungszeit durch das erhöhte Kupplungsmoment der Antriebsmotor zusätzlich aktiv gebremst wird, so daß der Zeitbedarf für die Motor- und Getriebesynchronisation verkürzt wird und damit die Zeitspanne verringert wird, die benötigt wird, um die Drehzahldifferenz zwischen der Schaltdrehzahl und der Synchrondrehzahl oder Zieldrehzahl des neu einzulegenden Gangs zu verringern.

**[0056]** Die Erfindung schafft daher ein Verfahren zur Steuerung eines Gangwechselforgangs, so daß die in die Reibungskupplung eingetragene Energie, die in dieser zu einer Temperaturerhöhung führt, verringert wird. Ein Energieeintrag in die Lastschaltkupplung findet dann statt, wenn sie ein Moment überträgt und an ihren Reibflächen ein Drehzahlunterschied besteht. Die Lastschaltkupplung bremst beim Lasthochschaltvorgang den Antriebsmotor und die Getriebeeingangswelle gegen die Getriebeabtriebswelle und den Triebstrang des Fahrzeugs ab. Dieser Synchronisationsvorgang kann durch eine Verringerung des Motormoments oder durch eine Steuerung des Motors derart, daß er sich im Schleppzustand befindet, unterstützt werden, da der Motor dann den Synchronisationsvorgang verkürzt und hierdurch den Energieeintrag in die Lastschaltkupplung ver-

ringert. Vor und nach der Synchronisationsphase des Lastschaltgetriebes müssen das Motormoment und das Kupplungsmoment angeglichen werden. Wenn während der Synchronisationsphase das Kupplungsmoment über das maximale Motormoment hinaus erhöht worden ist, so muß die Erhöhung und die Absenkung des Kupplungsmoments mit komfortbestimmenden Gradienten durchgeführt werden, da die Kupplungscharakteristik während der Synchronisationsphase das Abtriebsmoment alleine bestimmt und somit sprunghafte Änderungen des Kupplungsmoments zu vermeiden sind. Dahingegen können sprunghafte Veränderungen des Motormoments durchaus von Vorteil sein, wenn nämlich der Antriebsmotor schnell vom Zug in den Schubzustand versetzt werden kann und er damit zu einer Verkürzung der Synchronisationszeit beiträgt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Gangwechsellvorgangs eines mit einem Antriebsmotor gekoppelten und mit einer Lastschaltkupplung versehenen Lastschaltgetriebes eines Fahrzeugs, wobei ein Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) des Antriebsmotors und ein Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) der Lastschaltkupplung verändert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu Beginn des Gangwechsellvorgangs bei geschlossener Lastschaltkupplung einer auszuliegenden Gangstufe ein den Triebstrang des Fahrzeugs beaufschlagendes Abtriebsmoment ( $M_{ab}$ ) durch eine Verringerung des Motormoments ( $M_{V-Mot}$ ) des Antriebsmotors reduziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Gangwechsellvorgang ein Lasthochschaltvorgang ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Lastschaltkupplung zu Beginn des Gangwechsellvorgangs zumindest weitgehend kein Moment überträgt
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei nach einer ersten Verringerung des Abtriebsmoments ( $M_{ab}$ ) das Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) und das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) erhöht werden, solange bis das Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) und das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) weitgehend gleich sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Lastschaltkupplung der auszuliegenden Gangstufe bei weitgehend gleichem Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) und Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) geöffnet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei bereits vor dem Erreichen der weitgehenden Momentengleichheit ein Aktuator die Lastschaltkupplung mit einer Ausspurkraft beaufschlagt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zur Synchronisierung das Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) verringert wird und das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) derart verändert wird, dass das Abtriebsmoment ( $M_{ab}$ ) einem nach dem Gangwechsellvorgang entsprechenden Abtriebsmoment ( $M_{ab}$ ) entspricht.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei zur Verkürzung der Synchronisierung der Antriebsmotor in einen Schleppzustand versetzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zur Verkürzung der Synchronisierung das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) über ein maximales Motormoment hinaus erhöht wird, so dass eine Drehzahl des Antriebsmotors und einer Eingangswelle des Lastschaltgetriebes verringert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei bei weitgehend erfolgter Synchronisierung das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) und das Motormoment ( $M_{V-Mot}$ ) auf weitgehend gleiche Werte eingestellt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Lastschaltkupplung einer einzuliegenden Gangstufe bei weitgehend gleicher Drehzahl und Beschleunigung von Eingangswelle und Ausgangswelle des Lastschaltgetriebes geschlossen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Lastschaltkupplung nach dem Gangwechsellvorgang geöffnet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Temperatur der Lastschaltkupplung zur Vermeidung einer thermischen Überbelastung überwacht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) in Abhängigkeit der Temperatur verringert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung das Abtriebsmoment ( $M_{ab}$ ) während der Synchronisierung verringert wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung ein Rückschaltvorgang des Lastschaltgetriebes in seine erste Gangstufe verhindert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung die Lastschaltkupplung während der Synchronisierung offen ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, wobei nach Feststellung einer zu hohen Temperatur der Lastschaltkupplung vorbestimmte Schaltdrehzahlen des Lastschaltgetriebes verringert werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die von der Lastschaltkupplung übertragene Leistung überwacht wird und nach Feststellung einer Überschreitung einer vorbestimmten Maximalleistung das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) verringert wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Kupplungsmoment ( $M_{LSK}$ ) auf das maximale Motormoment verringert wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

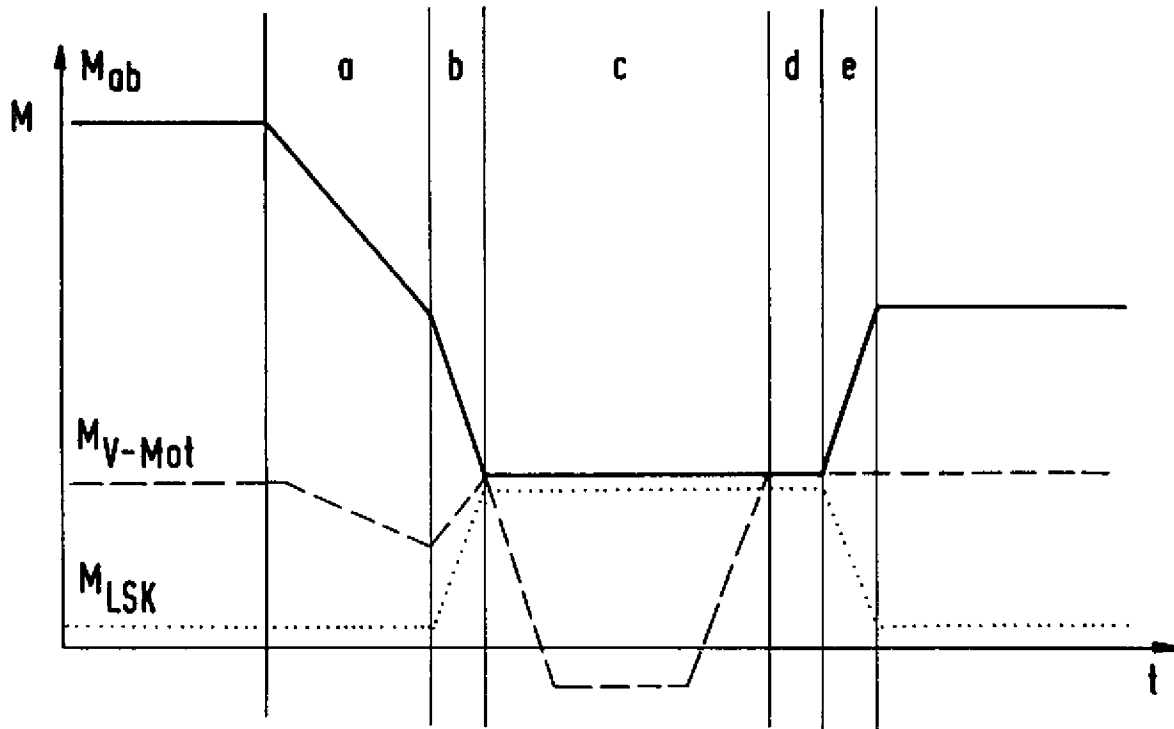


Fig.2

