



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 32 183.6**
 (22) Anmeldetag: **01.07.2000**
 (43) Offenlegungstag: **17.01.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.01.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B62D 6/08 (2006.01)**
B62D 5/30 (2006.01)
B62D 6/10 (2006.01)
B62D 6/00 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

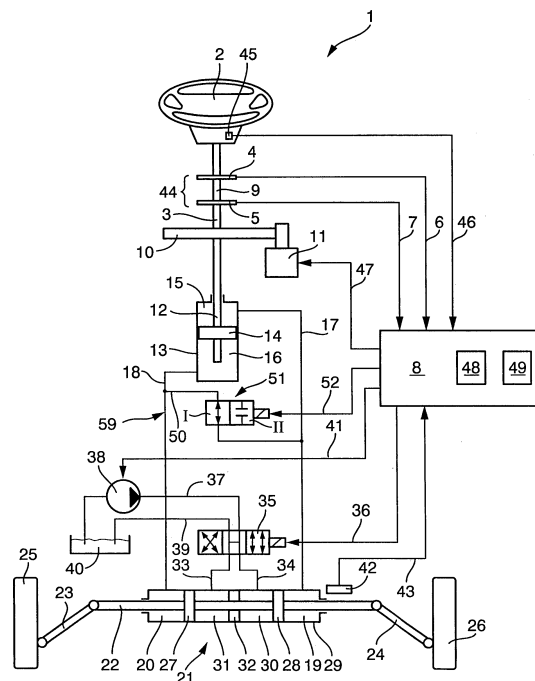
(73) Patentinhaber:
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Dörsam, Thomas, Dr., 70376 Stuttgart, DE; Hartl, Mathias, Dipl.-Ing., 71394 Kernen, DE; Kalkkuhl, Jens, Dr., 12163 Berlin, DE; Nockhammar, Ola, Dipl.-Ing., 10439 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 198 01 393 C1
DE 197 55 044 C1
DE 198 41 101 A1
DE 43 00 366 A1
DE 40 30 846 A1

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

(57) Hauptanspruch: Lenksystem für ein Kraftfahrzeug,
 – mit einer Lenkhandhabe (2), zum Beispiel Lenkhandrad,
 – mit lenkbaren Fahrzeugrädern (25, 26),
 – mit einem Lenkstellantrieb (21) zur Lenkbetätigung der lenkbaren Fahrzeugräder (25, 26),
 – mit einem mit der Lenkhandhabe (2) antriebsverbundenen Stellaggregat (11),
 – mit einer zuschaltbaren und abschaltbaren Zwangskopplung (59) zwischen der Lenkhandhabe (2) und den lenkbaren Fahrzeugrädern (25, 26),
 – mit einer Steuerung (8), die für das Lenksystem (1) einen Normalbetrieb und einen Notbetrieb ermöglicht,
 – wobei die Steuerung (8) im Normalbetrieb die Zwangskopplung (59) unwirksam schaltet, in Abhängigkeit der Betätigung der Lenkhandhabe (2) den Lenkstellantrieb (21) betätigt und das Stellaggregat (11) als Handmomentsteller betätigt, der zur Simulation eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe (2) dient,
 – wobei die Steuerung (8) im Notbetrieb die Zwangskopplung (59) wirksam schaltet, das Stellaggregat (11) als Servomotor betätigt, der zur Reduzierung eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe (2) dient,...



Beschreibung

gefühl vermittelt.

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0005] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch ein Lenksystem mit den Merkmalen des Patentsanspruches 1 gelöst.

[0002] Ein derartiges Lenksystem ist beispielsweise aus der DE 198 01 393 C1 bekannt und weist eine Lenkhandhabe, z. B. ein Lenkhandrad auf, mit dem ein Fahrer seinen Lenkwunsch in das Lenksystem einleitet. Mit der Lenkhandhabe ist ein Stellaggregat antriebsverbunden. Ein Lenkstellantrieb dient zur Lenkbetätigung von lenkbaren Fahrzeugrädern. Außerdem besitzt ein solches Lenksystem eine zuschaltbare und abschaltbare mechanische und/oder hydraulische Zwangskopplung zwischen der Lenkhandhabe und den lenkbaren Fahrzeugrädern. Eine Steuerung ermöglicht für das Lenksystem einen Normalbetrieb und einen Notbetrieb. Im Normalbetrieb schaltet die Steuerung die Zwangskopplung unwirksam bzw. ab, betätigt das Stellaggregat als Handmomentsteller, der zur Simulation eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe dient, und betätigt den Lenkstellantrieb in Abhängigkeit der Betätigung der Lenkhandhabe. Dieser Normalbetrieb kann auch als „Steer-by-Wire-Betrieb“ bezeichnet werden. Im Notbetrieb schaltet die Steuerung die Zwangskopplung wirksam bzw. zu und betätigt das Stellaggregat als Servomotor, der zur Reduzierung eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe dient. Bei einem derartigen Lenksystem steht somit auch im Notbetrieb eine Servounterstützung zur Verminderung der bei Lenkmanövern notwendigen Handkräfte zur Verfügung.

[0006] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, das als Servomotor betätigte Stellaggregat im Notbetrieb in Abhängigkeit von Handmomenten, die zwischen der Lenkhandhabe und dem Stellaggregat herrschen, gezielt so anzusteuern, daß das Stellaggregat für diese Handmomente geeignete Servomomente in das Lenksystem einleitet. Eine derartige Ansteuerung im Sinne einer Steuerung ergibt eine sehr direkte Lenkunterstützung durch das Stellaggregat und vermittelt dem Fahrer ein gutes Lenkgefühl. Erreicht wird dies bei der Erfindung durch die Servomoment-Erzeugeranordnung, die in Abhängigkeit von Handmomenten oder von damit korrelierten Handmomentsignalen Servomomente bzw. damit korrelierte Servomomentsignale generiert, in Verbindung mit der Anordnung, die in Abhängigkeit von Servomomenten bzw. von damit korrelierenden Servomomentsignalen Steuersignale generiert, mit denen die Steuerung das Stellaggregat ansteuert. In der Servomoment-Erzeugeranordnung können beliebige Parameter Berücksichtigung finden, wie z. B. die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit, um beispielsweise eine von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängige Lenkunterstützung realisieren zu können. Mit Hilfe der Anordnung können dynamische Effekte kompensiert werden, die beispielsweise eine Phasennacheilung zwischen Lenkwunsch und Servounterstützung zur Folge haben können, so dass die Anordnung auch als Kompensatoranordnung bezeichnet werden kann.

[0003] Um im Notbetrieb ein gutes Lenkgefühl für den Fahrer realisieren zu können, muß eine in der Phase nacheilende Servounterstützung vermieden werden. Außerdem besitzt eine hydraulische Zwangskopplung mittels einer sogenannten „hydraulischen Stange“ eine Eigenfrequenz, durch die es im Fahrzeugbetrieb zu Eigenschwingungen im Lenksystem kommen kann. Diese Eigenschwingungen können im Lenksystem zu Momenten und Kräften führen, die von einer Steuerung eines herkömmlichen Lenksystems nicht von den Handkräften oder Handmomenten unterschieden werden können, die der Fahrer auf die Lenkhandhabe aufbringt, um seinen Lenkwunsch in das Lenksystem einzuleiten. Dementsprechend versucht eine Steuerung eines herkömmlichen Lenksystems permanent die durch die Eigenschwingungen verursachten „Lenkwünsche“ durch Servomomente zu unterstützen. Hierbei können sich diese Eigenschwingungen verstärken und aufschaukeln.

[0007] Dabei ist die Steuerung mit einer Tiefpaß-Charakteristik ausgestattet, so daß Änderungen des Handmoments nur unterhalb einer vorbestimmten Grenzfrequenz berücksichtigt werden, die beispielsweise bei etwa 5 Hz liegt. Durch diese Maßnahme können höherfrequente Schwingungen ausgefiltert werden. Diese Maßnahme beruht auf der Erkenntnis, daß die vom Fahrer über die Lenkhandhabe in das Lenksystem eingeleiteten Lenkwünsche üblicherweise eine Frequenz von 3 bis 5 Hz nicht überschreiten. Dementsprechend berücksichtigt die Steuerung Handmomentänderungen, die oberhalb der vorbestimmten Grenzfrequenz liegen, nicht. Auf diese Weise können z. B. systembedingte höherfrequente Eigenschwingungen ausgefiltert werden.

[0004] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Lenksystem der eingangs genannten Art eine Ausführungsform anzugeben, die dem Fahrer im Notbetrieb ein besonders gutes Lenk-

[0008] Zweckmäßigerweise berücksichtigt die Anordnung die physikalische Kopplung zwischen der Lenkhandhabe und dem Stellaggregat, die beispielsweise durch einen körperliche Lenksäule sowie ggf. ein Übersetzungsgetriebe zwischen dieser Lenksäule und dem Stellaggregat realisiert ist. Durch die Berücksichtigung der physikalischen Verbindung oder

Kopplung können insbesondere Systemreaktionen, die vom Lenkwinkel und/oder von der Lenkwinkelgeschwindigkeit und/oder von der Lenkwinkelbeschleunigung abhängen, kompensiert werden. Insbesondere können hierbei Massenträgheitsmomente und/oder Reibungswiderstände und/oder Dämpfungseffekte dieser physikalischen Kopplung bzw. der Lenkhandhabe und des Stellaggregates berücksichtigt werden. Ebenso können bei einer Weiterbildung des Lenksystems Trägheitsmomente, Dämpfungs- und Reibungseffekte der mechanischen und/oder hydraulischen Zwangskopplung zwischen Lenkhandhabe und dem lenkbaren Fahrzeugrädern berücksichtigt werden. Die daraus resultierenden Effekte kann die Kompensatoranordnung kompensieren, so daß sich ein vorteilhaftes Lenkgefühl erreichen läßt.

[0009] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Steuerung das Servomoment so wählen, daß – außer in einer Mittelstellung der Lenkhandhabe – stets ein Handmoment zwischen Lenkhandhabe und Stellaggregat herrscht. Diese Maßnahme hat zur Folge, daß – außer in der Mittelstellung der Lenkhandhabe – ein ggf. in der Verbindung zwischen der Lenkhandhabe und dem Stellaggregat auftretendes Spiel stets eliminiert ist, wodurch eine störende Geräuschentwicklung sowie ein negatives Lenkgefühl vermieden werden können.

[0010] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0011] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0012] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0013] Es zeigen, jeweils schematisch,

[0014] [Fig. 1](#) einen schaltplanartigen, stark vereinfachten Aufbau eines erfindungsgemäßen Lenksystems und

[0015] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild des Lenksystems im Notbetrieb.

[0016] Entsprechend [Fig. 1](#) weist ein erfindungsgemäßes Lenksystem **1** eine Lenkhandhabe **2**, hier ein Lenkhandrad auf, das von einem Fahrzeugführer manuell betätigbar ist. Die Lenkhandhabe **2** ist mit ei-

ner Lenksäule **3** antriebsverbunden, so daß der Fahrer über die Lenkhandhabe **2** eine Handkraft als Lenkwunsch in die Lenksäule **3** einleiten kann. An der Lenksäule **3** ist ein Lenkwinkel-Sollwertgeber **45** angeordnet, der über eine Signalleitung **46** mit einer Steuerung **8** verbunden ist. Mit Hilfe dieses Lenkwinkel-Sollwertgebers **45** kann der Fahrerwunsch für eine Betätigung des Lenksystems **1** ermittelt, werden.

[0017] Die Lenksäule **3** ist mit einer Zahnscheibe **10** drehfest verbunden, über die ein Stellaggregat **11** an der Lenksäule **3** angreift. Das Stellaggregat **11** ist vorzugsweise nach Art eines Elektromotors aufgebaut und kann über eine Steuerleitung **47** von der Steuerung **8** betätigt werden. Zwischen der Lenkhandhabe **2** und dem Stellaggregat **11** ist in der Lenksäule **3** eine Handmoment-Geberanordnung **44** angeordnet, die durch eine geschweifte Klammer symbolisiert ist. Diese Handmoment-Geberanordnung **44** weist einen Torsionsstab **9** auf, der antriebsgekoppelt in die Lenksäule **3** eingebunden ist. Beiderseits des Torsionsstabes **9** sind Torsionswinkelgeber oder Winkelgeber **4** und **5** angeordnet, die über Signalleitungen **6** und **7** mit der Steuerung **8** des Lenksystems **1** verbunden sind. Der eine Winkelgeber **4** ist demjenigen Ende des Torsionsstabes **9** zugeordnet, das mit der Lenkhandhabe **2** verbunden ist, so daß dieser Winkelgeber **4** im folgenden als handhabenseitiger Winkelgeber **4** bezeichnet wird. Im Unterschied dazu ist der andere Winkelgeber **5** an demjenigen Ende des Torsionsstabes **9** angeordnet, das mit dem Stellaggregat **11** verbunden ist, so daß dieser Winkelgeber **5** im folgenden als stellerseitiger Winkelgeber **5** bezeichnet wird.

[0018] Ein an der Lenkhandhabe **2** wirksames Handmoment M_H kann mit Hilfe der Handmoment-Geberanordnung **44** aus der Differenz der Winkelwerte der Winkelgeber **4** und **5** in Verbindung mit der Federkonstanten oder der Kennlinie des Torsionsstabes **9** ermittelt werden. Das an der Lenkhandhabe **2** fühlbare und zwischen Lenkhandhabe **2** und Stellaggregat **11** wirksame Handmoment M_H kann dabei von der Handmoment-Geberanordnung **44** direkt ermittelt werden und über eine entsprechende Signalleitung an die Steuerung **8** weitergeleitet werden. Ebenso kann die Steuerung **8** aus den Winkelwerten der Winkelgeber **4** und **5** sowie aus einer gespeicherten Federkonstanten das Handmoment M_H generieren.

[0019] Die Lenksäule **3** endet mit einem als Spindelstange ausgebildeten Endabschnitt **12** in einem Geberzylinder **13** und treibt darin einen Kolben **14** an. Dieser Kolben **14** trennt im Geberzylinder **13** zwei Kammern **15** und **16**, die über Hydraulikleitungen **17** und **18** mit entsprechenden Kammern **19** und **20** eines Lenkstellantriebs **21** verbunden sind. Der Lenkstellantrieb **21** ist dabei als Kolben-Zylinder-Aggregat

ausgebildet, dessen Kolbenstange **22** über Spurstangen **23** und **24** an lenkbaren Fahrzeuigrädern **25** und **26** angreift, wobei eine Verstellung der Kolbenstange **22** eine Lenkbetätigung der Fahrzeuigräder **25** und **26** bewirkt. Mit der Kolbenstange **22** wirkt ein Lenkwinkel-Istwertgeber **42** zusammen, der über eine Signalleitung **43** mit der Steuerung **8** verbunden ist.

[0020] Auf der Kolbenstange **22** sitzen zwei Kolben **27** und **28**, die im Inneren eines Zylinder **29** des Lenkstellantriebs **21** vier Kammern ausbilden, nämlich die vorgenannten axial außenliegenden Kammern **19** und **20** sowie axial innenliegende Kammern **30** und **31**, die im Zylinder **29** durch eine zylinderfeste Trennwand **32** voneinander axial getrennt sind.

[0021] Die axial innenliegenden Kammern **30** und **31** sind über Hydraulikleitungen **33** und **34** an ein Servoventil **35** angeschlossen, das über eine Steuerleitung **36** durch die Steuerung **8** betätigbar ist, und über eine Hochdruckleitung **37** mit einer Servopumpe **38** und über eine Niederdruckleitung **39** mit einem relativ drucklosen Hydraulikmittelreservoir **40** verbunden. Die Servopumpe **38** ist saugseitig ebenfalls an das Hydraulikmittelreservoir **40** angeschlossen und kann über eine Steuerleitung **41** von der Steuerung **8** betätigt werden.

[0022] Die beiden Hydraulikleitungen **17** und **18**, mit denen die Kammern **15** und **16** des Geberzylinders **13** mit den Kammern **19** und **20** des Lenkstellantriebs **21** verbunden sind, können über eine Kurzschlußleitung **50** miteinander kommunizieren. In dieser Kurzschlußleitung **50** ist ein Ventil **51** angeordnet, daß mit einer Steuerleitung **52** von der Steuerung **8** betätigbar ist. Das Ventil **51** enthält zwei Schaltstellungen, nämlich eine Offenstellung I sowie eine Sperrstellung II. In der in [Fig. 1](#) wiedergegebenen Offenstellung I ist die Kurzschlußleitung **50** offen, so daß ein beliebiger Fluidaustausch zwischen den Hydraulikleitungen **17** und **18** stattfinden kann. Dementsprechend sind die Verstellbewegungen des Kolbens **14** im Geberzylinder **13** unabhängig von den Verstellbewegungen der Kolben **27** und **28** im Zylinder **29** des Lenkstellantriebs **21**. In der Sperrstellung II ist die Kurzschlußleitung **50** gesperrt, so daß eine Verstellung des Kolbens **14** im Geberzylinder **13** über die Inkompressibilität des Hydraulikmittels zwangsläufig eine Verstellbewegung der Kolben **27** und **28** des Lenkstellantriebs **21** bewirkt. Insoweit bilden der Geberzylinder **13** und die über die Hydraulikleitungen **17** und **18** damit verbundenen, einen Nehmerzylinder bildenden, axial außenliegenden Kammern **19** und **20** des Lenkstellantriebs **21** wesentliche Bestandteile einer Zwangskopplung **59** zwischen der Lenkhandhabe **2** und den lenkbaren Fahrzeuigrädern **25** und **26**, die mit Hilfe des Ventils **51** zuschaltbar und abschaltbar ist. Die hier exemplarisch dargestellte Zwangskopplung **59** mittels einer sogenannten „hydraulischen Stange“ stellt lediglich eine spezielle Ausführungs-

form für eine solche Zwangskopplung **59** dar. Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine derartige spezielle zuschaltbare und abschaltbare Zwangskopplung **59** begrenzt.

[0023] Das erfindungsgemäße Lenksystem **1** arbeitet wie folgt:

In einem Normalbetrieb, dem sogenannten „Steer-by-Wire-Betrieb“, vergleicht die Steuerung **8** permanent die Istwerte und Sollwerte der Lenkwinkel und steuert dementsprechend das Servoventil **35** sowie die Servopumpe **38**. Die hydraulische Zwangskopplung **59** zwischen der Lenkhandhabe **2** und den lenkbaren Fahrzeuigrädern **25** und **26** ist hierbei offen bzw. unwirksam, wobei das Ventil **1** seine Offenstellung I einnimmt.

[0024] In diesem Normalbetrieb betätigt die Steuerung **8** das Stellaggregat **11** als Handmomentensteller und erzeugt an der Lenkhandhabe **2** in Abhängigkeit der mit Hilfe der Handmoment-Geberanordnung **44** ermittelten Handmomente M_H geeignete Gegenmomente. Auf diese Weise wird dem Fahrer im Normalbetrieb ein gutes Fahrgefühl vermittelt.

[0025] Die Steuerung **8** überwacht im Normalbetrieb permanent die ordnungsgemäße Funktion aller systemrelevanten Aggregate und Elemente. Sobald eine hinreichend gravierende Fehlfunktion des Lenksystems **1** festgestellt wird, schaltet die Steuerung **8** in einen Notbetrieb um. Zu diesem Zweck wird das Ventil **51** in seine Sperrstellung II geschaltet, um die hydraulische Zwangskopplung **59** zwischen Lenkhandhabe **2** und den lenkbaren Fahrzeuigrädern **25** und **26** zuzuschalten bzw. zu aktivieren.

[0026] Die Steuerung **8** enthält eine Servomoment-Erzeugeranordnung **48** sowie eine Kompensatoranordnung **49**. Die Servomoment-Erzeugeranordnung **48** kann in Abhängigkeit eines Handmomentwertes sowie ggf. weiterer Parameter, wie z. B. die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit, Werte für ein Servomoment M_S generieren, das vom Stellaggregat **11** in die Lenksäule **3** eingeleitet werden soll. Die Steuerung **8** betätigt dabei das Stellaggregat **11** als Servomotor, der die zur Verstellung der lenkbaren Fahrzeuigräder **25** und **26** erforderliche Handkraft reduziert. Die Kompensatoranordnung **49** generiert aus den Servomomentwerten Steuersignale u_M zur Betätigung des Stellaggregates **11**, mit denen die Steuerung **8** im Notbetrieb des Lenksystems **1** das Stellaggregat **11** als Servomotor ansteuert. Die Betätigung des Stellaggregats **11** erfolgt dabei im Sinne einer Steuerung. Die Steuersignale u_M werden dabei vom Kompensator **49** so erzeugt, daß sich das erwünschte Servomoment M_S und somit die erwünschte Reduzierung des Handmoments M_H an der Lenkhandhabe **2** möglichst exakt einstellt. Dabei berücksichtigt die Kompensatoranordnung **49** dynamische Effekte, die bei der Betätigung der aus Lenkhandhabe **2**, Lenk-

säule **3** und Stellaggregat **11** gebildeten physikalischen Strecke oder Kopplung entstehen. Beispielsweise weisen das Stellaggregat **11** und die Lenkhandhabe **2** sowie die Lenksäule **3** Trägheitsmomente auf, die einer direkten Momentübertragung entgegenwirken. Ebenso besitzt der gleichzeitig mitverstellte Geberzylinder **13** Trägheitsmoment, das ebenfalls berücksichtigt werden kann. Des Weiteren können Trägheitsmomente des verstellten Hydraulikvolumens sowie des Lenkstellantriebs **21** und der Fahrzeuigräder **25** und **26** berücksichtigt werden. Außerdem kann die Kompensatoranordnung **49** Dämpfungseffekte und Reibungswiderstände sämtlicher mitbewegter Elemente berücksichtigen.

[0027] Die Kompensatorfunktion beruht auf der Basis des folgenden Gleichungssystems:

Gleichung 1:

[0028]

$$J_{LR}\theta''_{LR} + d_{LR}\theta'_{LR} = K_T(\theta_{LS} - \theta_{LR}) + T_F$$

Gleichung 2:

[0029]

$$J_{LS}\theta''_{LS} + d_{LS}\theta'_{LS} + b_{LS}\cdot\text{sign}(\theta'_{LS}) = K_T(\theta_{LR} - \theta_{LS}) + K_M u_M$$

[0030] Dabei sind:

- θ_{LR} = Winkel der Lenkhandhabe **2**,
- J_{LR} = Massenträgheitsmoment der Lenkhandhabe **2**,
- d_{LR} = Dämpfung der Lenkhandhabe **2**,
- K_T = Steifigkeit des Torsionsstabs **9**
- θ_{LS} = Winkel des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule **3**,
- J_{LS} = Trägheitsmoment des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule **3**,
- d_{LS} = Dämpfung des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule **3**,
- b_{LS} = Koeffizient der trockenen Reibung des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule **3**,
- u_M = Motorspannung des Stellaggregates **11**,
- K_M = Spannungs-Drehmomentumwandlung im Stellaggregat **11**,
- T_F = Moment des Fahrers.

[0031] Dieses Gleichungssystem beruht auf der vereinfachenden Annahme, daß die Lenksäule **3** zwischen dem handhabenseitigen Winkelgeber **4** und der Lenkhandhabe **2** sowie zwischen dem stellerseitigen Winkelgeber **5** und dem Stellaggregat **11** näherungsweise starr ist. Eine weitere Vereinfachung ergibt sich dadurch, daß sämtliche dynamischen Effekte zwischen der Lenkhandhabe **2** und dem handhabenseitigen Winkelgeber **4** in den Werten der Lenkhandhabe **2** berücksichtigt sind, während die ent-

sprechenden dynamischen Effekte zwischen dem stellerseitigen Winkelgeber **5** und dem Stellaggregat **11**, einschließlich denjenigen des Stellaggregates **11**, bei den Werten der Lenksäule **3** berücksichtigt sind. Des Weiteren können auch die dynamischen Effekte der anderen mitbewegten Elemente, zum Beispiel Geberzylinder **13**, bei den Werten der Lenkhandhabe **2** und/oder bei den Werten des Stellaggregates **11** berücksichtigt sein.

[0032] Bezugnehmend auf [Fig. 2](#) findet sich Gleichung 1 des obigen Gleichungssystems dort im Bereich der links wiedergegebenen Verknüpfung **53** wieder, die durch ein Kreissymbol dargestellt ist. Eingangsseitig erhält diese Verknüpfung **53** zum einen ein mit der Handkraft des Fahrers korreliertes Moment T_F und zum anderen ein Torsionsmoment M_{LS} aus der Verwindung des Torsionsstabs **9**. Dieses Torsionsmoment M_{LS} ergibt sich dabei aus dem Lenksäulenwinkel θ_{LR} und der Steifigkeit K_T des Torsionsstabs **9**, die in [Fig. 2](#) durch ein Rechteck symbolisiert ist. Das Ergebnis dieser Verknüpfung **53** wird bei **54** mit dem Kehrwert eines Polynoms $p_{LR}(s)$ verknüpft, das sich aus einer Laplace-Transformation der Gleichung 1 ergibt. Diese Polynom-Verknüpfung **54** liefert im Ergebnis den Handhabenwinkel θ_{LR} .

[0033] In [Fig. 2](#) ist rechts in einem die obengenannte Gleichung 2 repräsentierenden Bereich eine Verknüpfung **55** durch ein Kreissymbol dargestellt, die eingangsseitig ein Torsionsmoment M_{LR} erhält, das sich aus dem Handhabenwinkel θ_{LR} und der Steifigkeit K_T des Torsionsstabs **9** ergibt. Außerdem erhält die Verknüpfung **55** ein Motormoment M_M des Stellaggregates **11**, das sich aus der Motorspannung u_M und dem Koeffizienten K_M für die Spannungs-Drehmomentumwandlung im Stellaggregat **11** ergibt. Außerdem können hier Störgrößen u_1 berücksichtigt werden. Darüber hinaus erhält die Verknüpfung **55** ein Rückwirkungsmoment M_R vom Lenkstellantrieb **21**, das sich aus einer Druckänderung dp in der Hydraulik der hydraulischen Zwangskopplung **59** zwischen Lenkhandhabe **2** und gelenkten Fahrzeuigrädern **25** und **26** und aus einem Koeffizienten K_{dp} für die Druck-Drehmomentumwandlung im Geberzylinder **13** ergibt. Das Ergebnis dieser Verknüpfung **55** wird bei **56** mit dem Kehrwert eines Polynoms $p_{LS}(s)$ verknüpft, das sich aus einer Laplace Transformation der Gleichung 2 ergibt. Diese letztgenannte Polynomverknüpfung **56** liefert dann den Lenksäulenwinkel θ_{LR} . Dieser Lenksäulenwinkel θ_{LR} wird über die hydraulische Zwangskopplung auf den Lenkstellantrieb **21** übertragen, der an seinem Ausgang X die lenkbaren Fahrzeuigräder **25** und **26** entsprechend betätigt.

[0034] Die Motorspannung u_M bildet hierbei das Steuersignal, das vom Kompensator **49** in Abhängigkeit des von der Servomoment-Erzeugeranordnung **48** generierten Wertes für das Servomoment M_S erzeugt wird. Dieses Servomoment M_S wird hierbei in

Abhängigkeit der Differenz aus Lenksäulenwinkel θ_{LR} und Handhabenwinkel θ_{LR} ermittelt. Diese Differenz wird entsprechend [Fig. 2](#) bei einer Verknüpfung **57** ermittelt und mit der Steifigkeit K_T des Torsionsstabes **9** verknüpft. Das daraus resultierende, zwischen Lenkhandhabe **2** und Stellaggregat **11** herrschende Handmoment M_H wird bei **58** mit zusätzlichen Störgrößen u_2 beaufschlagt, wodurch beispielsweise ein Sensorrauschen der Handmoment-Geberanordnung **44** berücksichtigt werden kann. Die Servomoment-Erzeugeranordnung **48** generiert dann aus dem (korrigierten) Handmoment M_H das gewünschte Servomoment M_S . Würde nun dieses Servomoment M_S direkt – also ohne Kompensator **49** – am Stellaggregat **11** eingestellt werden, können dynamische Effekte der physikalischen Kopplung zwischen Lenkhandhabe **2** und Stellaggregat **11** zu einer Verzögerung oder Phasenverschiebung führen. Das daraus, resultierende Lenkgefühl ist unerwünscht. Beim erfindungsgemäßen Lenksystem **1** generiert nun die Kompensatoranordnung **49** aus dem gewünschten Servomoment M_S spezielle Steuersignale in Form von Motorspannungswerten u_M als Stellgrößen für das Stellaggregat **11**, die die vorgenannten nachteiligen Effekte kompensieren. Durch die Ansteuerung des Stellaggregates **11** mit den speziellen Steuersignalen des Kompensators **11** kann die gewünschte Servounterstützung relativ schnell und exakt eingestellt werden, wodurch der Fahrer ein gutes Fahr- und Lenkgefühl erhält.

[0035] Mit Hilfe der Servomoment-Erzeugeranordnung **48** und des Kompensators **49** kann durch Rückkopplung des über die Handmoment-Geberanordnung **44** gemessenen Istmoments ein vorgegebenes dynamisches Verhalten des Lenksystems gezielt eingestellt werden.

[0036] Eine Möglichkeit hierzu besteht zum Beispiel in folgendem:

Der Kompensator **49** bildet hierbei eine Inversion der zwischen Stellaggregat **11** und Lenkhandhabe **2** wirksamen physikalischen Strecke, die durch das obige Gleichungssystem vereinfacht dargestellt ist. Diese Inversstrecke oder invertierte Strecke des Kompensators **49** ist dabei modifiziert, um Störeinflüsse, zum Beispiel mittels einer Tiefpaß-Charakteristik, zu reduzieren.

[0037] Eingangsgröße der in [Fig. 2](#) dargestellten Steuerung bildet somit das an der Lenkhandhabe **2** vom Fahrer eingeleitete Moment T_F , woraus sich als Ausgangsgröße ein Stellwert X für die Betätigung der lenkbaren Fahrzeugräder **25** und **26** ergibt.

Patentansprüche

1. Lenksystem für ein Kraftfahrzeug,
– mit einer Lenkhandhabe (**2**), zum Beispiel Lenkhandrad,

- mit lenkbaren Fahrzeugrädern (**25**, **26**),
- mit einem Lenkstellantrieb (**21**) zur Lenkbetätigung der lenkbaren Fahrzeugräder (**25**, **26**),
- mit einem mit der Lenkhandhabe (**2**) antriebsverbundenen Stellaggregat (**11**),
- mit einer zuschaltbaren und abschaltbaren Zwangskopplung (**59**) zwischen der Lenkhandhabe (**2**) und den lenkbaren Fahrzeugrädern (**25**, **26**),
- mit einer Steuerung (**8**), die für das Lenksystem (**1**) einen Normalbetrieb und einen Notbetrieb ermöglicht,
- wobei die Steuerung (**8**) im Normalbetrieb die Zwangskopplung (**59**) unwirksam schaltet, in Abhängigkeit der Betätigung der Lenkhandhabe (**2**) den Lenkstellantrieb (**21**) betätigt und das Stellaggregat (**11**) als Handmomentsteller betätigt, der zur Simulation eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe (**2**) dient,
- wobei die Steuerung (**8**) im Notbetrieb die Zwangskopplung (**59**) wirksam schaltet, das Stellaggregat (**11**) als Servomotor betätigt, der zur Reduzierung eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe (**2**) dient,
- wobei die Steuerung (**8**) eine Servomoment-Erzeugeranordnung (**48**) aufweist, die in Abhängigkeit von Handmomenten (M_H), die zwischen Lenkhandhabe (**2**) und Stellaggregat (**11**) herrschen, Servomomente (M_S) generiert,
- wobei die Steuerung (**8**) eine Anordnung (**49**) aufweist, die in Abhängigkeit der Servomomente (M_S) die Steuersignale (u_M) zur Betätigung des Stellaggregates (**11**) generiert,
- wobei die Steuerung (**8**) das Stellaggregat (**11**) im Notbetrieb mit den Steuersignalen (u_M) steuernd betätigt,

dadurch gekennzeichnet,

– dass die Steuerung (**8**) eine Tiefpass-Charakteristik aufweist und dementsprechend Handmomentänderungen nur unterhalb einer vorbestimmten Grenzfrequenz berücksichtigt.

2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz etwa bei 5 Hz liegt.

3. Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (**49**) die physikalische Kopplung zwischen Lenkhandhabe (**2**) und Stellaggregat (**11**) berücksichtigt.

4. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (**49**) Massenträgheitsmoment und/oder Dämpfungswerte und/oder Reibungswiderstände der Lenkhandhabe (**2**) und/oder des Stellaggregates (**11**) berücksichtigt.

5. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (**8**) das Servomoment (M_S) so wählt, dass außer in einer Mittelstellung der Lenkhandhabe (**2**) stets ein Hand-

moment (M_H) zwischen Lenkhandhabe (2) und Stellaggregat (11) herrscht.

6. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (49) Massenträgheitsmomente und/oder Dämpfungswerte und/oder Reibungswiderstände der lenkbaren Fahrzeugräder (25, 26) und/oder der damit mitverstellten Elemente und Aggregate und/oder des Lenkstellantriebes (21) und/oder der Zwangskopplung (59) berücksichtigt.

7. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in einer die Lenkhandhabe (2) mit dem Stellaggregat (11) koppelnden Lenksäule (3) ein Torsionselement (9) angeordnet ist, dessen Torsion mit dem Handmoment (M_H) korreliert, wobei jedem Ende des Torsionselements (9) ein Torsionswinkelgeber (4, 5) zugeordnet ist, wobei die Steuerung (8) aus der Winkeldifferenz der Torsionswinkelgeber (4, 5) in Verbindung mit einer Federkennlinie des Torsionselements (9) Handmomentwerte generiert, die mit dem Handmoment (M_H) korrelieren.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

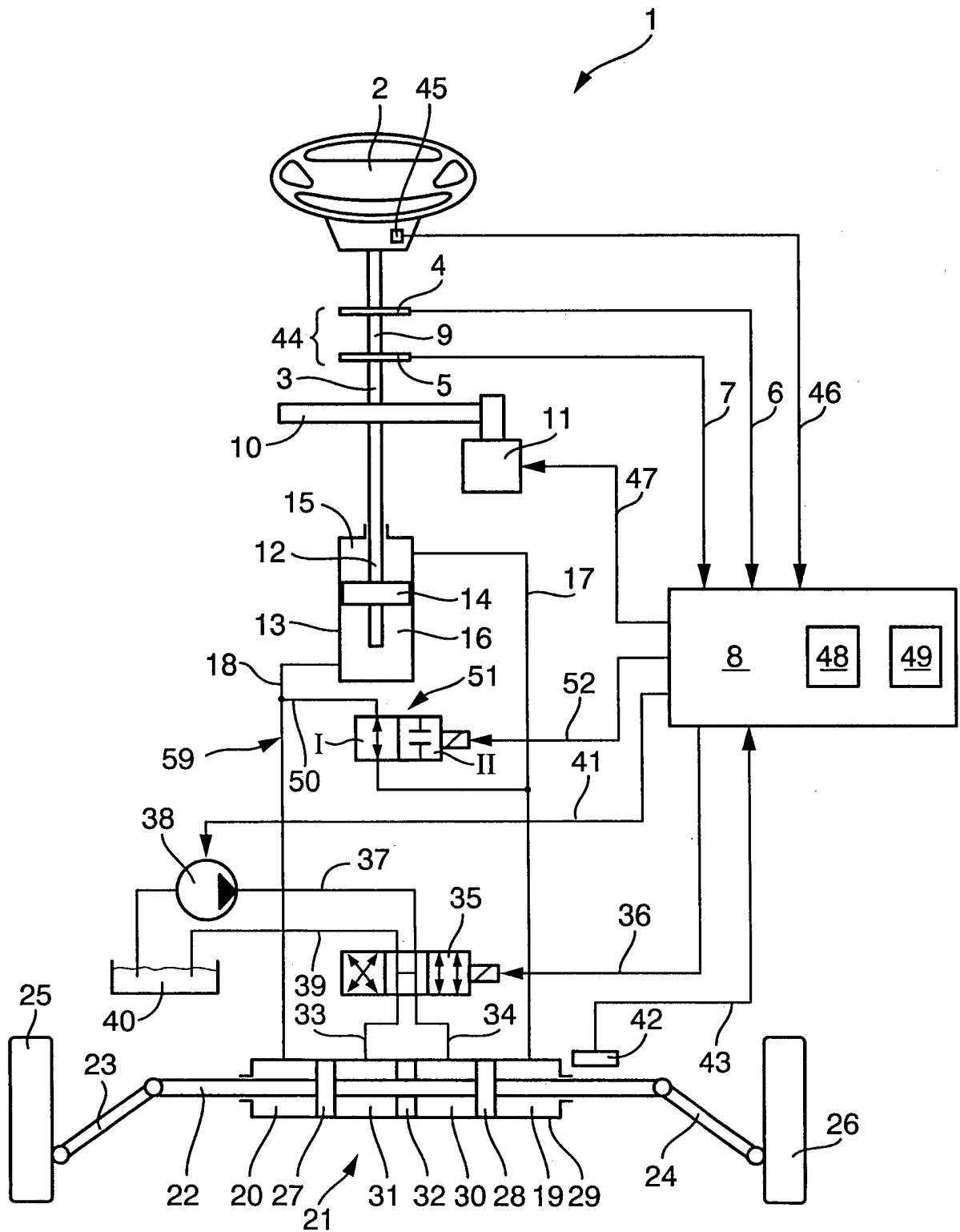


Fig. 1

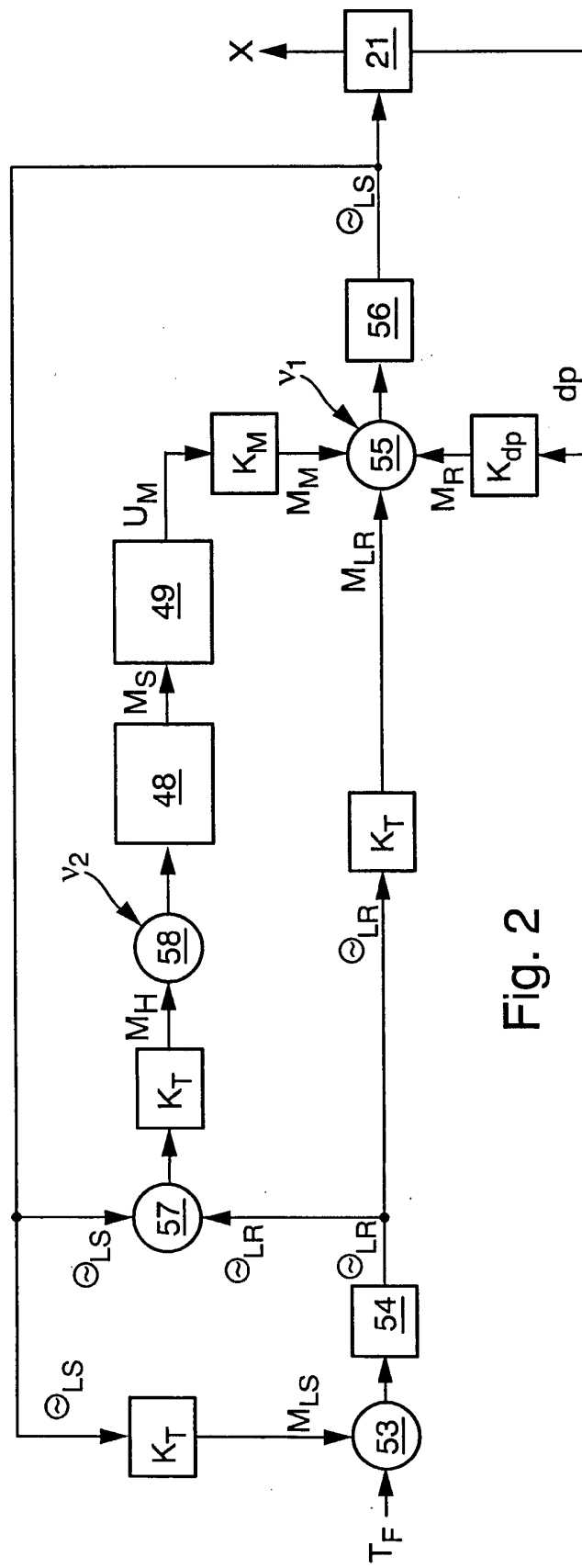


Fig. 2