

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50888/2023  
(22) Anmeldetag: 06.11.2023  
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2025

(51) Int. Cl.: **B62D 5/04** (2006.01)  
**B62D 5/00** (2006.01)  
**B62D 3/12** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 102019204069 A1  
WO 2017009125 A1  
KR 20040102888 A

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

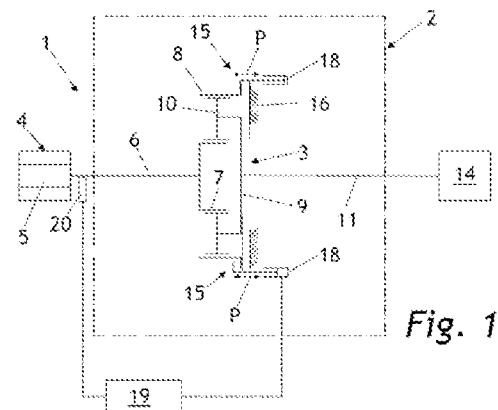
(72) Erfinder:  
Schubert Julian Dipl.-Ing.  
8082 St. Stefan im Rosental (AT)  
Ketan Emre Enis BSc  
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
Babeluk Patentanwälte GmbH  
1080 Wien (AT)

### (54) LENKEINRICHTUNG FÜR EIN FAHRZEUG

(57) Die Erfindung betrifft eine Lenkeinrichtung (1) für ein Fahrzeug mit einem Lenk- Aktuator (2) mit einem Planetengetriebe (3) mit einem ersten Planetengetriebeelement, einem zweiten Planetengetriebeelement und einem dritten Planetengetriebeelement aus der Gruppe Sonnenrad (7), Planetenträger (9) und Hohlrاد (8), sowie einem Elektromotor (4) mit einem Rotor (5), der über zumindest eine Kupplungsvorrichtung (15) mit zumindest einem Planetengetriebeelement des Planetengetriebes (3) drehfest verbunden oder verbindbar ist, wobei eine mit einem weiteren Planetengetriebeelement des Planetengetriebes (3) verbundene Ausgangswelle (11) mit zumindest einem Radträger (14) verbunden oder verbindbar ist.

In zumindest einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) ist das Planetengetriebe (3) über das erste Planetengetriebeelement durch den Rotor (5) bei festgehaltenem zweiten Getriebeelement antreibbar. In zumindest einem zweiten Betriebsbereich sind entweder zumindest zwei Getriebeelemente miteinander fest verbindbar, um das Planetengetriebe (3) im Blockumlauf zu betreiben, oder das Planetengetriebe (3) ist über das zweite Getriebeelement durch den Rotor (5) bei festgehaltenem ersten Getriebeelement antreibbar.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Lenkeinrichtung für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Steer-by-Wire-Lenkssystem, mit einem Lenk-Aktuator mit einem Planetengetriebe mit einem ersten Planetengetriebeelement, einem zweiten Planetengetriebeelement und einem dritten Planetengetriebeelement aus der Gruppe Sonnenrad, Planetenträger und Hohlräder, und einem Elektromotor mit einem Rotor, der mit zumindest einem Planetengetriebeelement des Planetengetriebes drehfest verbunden oder verbindbar ist, wobei eine mit einem weiteren Planetengetriebeelement des Planetengetriebes verbundene Ausgangswelle mit zumindest einem Radträger verbunden oder verbindbar ist.

**[0002]** Bei der sogenannten Steer-by-Wire-Technologie werden die Fahrerbefehle vollständig über elektronische Signale an das Lenksystem übertragen, so dass keine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und Lenksystem der Vorderachse bzw. der einzelnen Räder mehr erforderlich ist. Dies ermöglicht Sicherheits- und Komfortfunktionen wie autonome Ausweichmanöver oder das automatisierte Einparken auf engstem Raum.

**[0003]** Durch die mit Steer-by-Wire Systemen einhergehende Lenkfunktion „Variable Lenkübersetzung“ und die Reduzierung des maximalen Lenkradwinkels auf  $<180^\circ$  besitzen auch leistungsstarke Lenksysteme nicht die Fähigkeit, den Fahrerbefehlen am Lenkrad ohne Phasenverschiebung zu folgen. Dies führt sowohl zu Komforteinbußen sowie teilweise sicherheitskritischen Lenkmanövern.

**[0004]** Um dieser Anforderung zu entsprechen, werden bei konventionellen Steer-by-Wire Lenksystemen üblicherweise sehr leistungsstarke Elektromotoren eingesetzt. Dies wirkt sich allerdings - insbesondere bei einem Elektrofahrzeug - für den Energiehaushalt sehr ungünstig aus und erhöht die Kosten der Lenksysteme drastisch.

**[0005]** Die CN 106080754 A zeigt ein Lenksystem mit einer Drive-by-Wire-Lenkvorrichtung mit einem redundanten Lenksystem mit zwei schaltbaren Lenkaktuatoren mit jeweils einem Lenkmotor, einer Kupplung, einem Planetengetriebe, einem drehzahlvariables Getriebe, wobei zwei Enden der Kupplung jeweils mit einer Motorwelle des Lenkmotors und einer Getriebewelle eines Sonnenrades des Planetengetriebes verbunden sind. Über eine Schaltgabel und Schaltmuffen kann eine zu einem Lenkgetriebe führende Ausgangswelle mit einem Hohlräder oder einem Planetenträger des Planetengetriebes verbunden werden.

**[0006]** Die WO 2005036027 A1 beschreibt eine Fahrzeuglenkung mit einer Übersetzungsverhältnisänderungseinrichtung und einem elektrischen Hilfsantrieb, wobei die Übersetzungsverhältnisänderungseinrichtung einen Stator und einen Rotor aufweisenden Hilfsantrieb enthält, der die Steuereingriffe des Fahrers über ein Steuerrad überlagert und auf die Lenkbewegung der Räder überträgt, dabei sind eine vom Steuerrad antreibbare Antriebseinheit und ein mit den gelenkten Rädern verbundenes Abtriebsselement sowie mindestens zwei Umlaufgetriebe vorgesehen. Eines der Umlaufgetriebe ist durch den Rotor eines Elektromotors antreibbar. Das Antriebsmoment wird, ausgehend vom Steuerrad, durch das Antriebsmoment vom Elektromotor überlagert und diese werden gemeinsam als Abtriebsmoment in das Abtriebsselement eingeleitet, wobei das Verhältnis der Drehzahlen der Antriebseinheit und des Abtriebsselementes einstellbar sind.

**[0007]** Aus der EP 1985520 A1 ist eine weitere Lenkvorrichtung mit variablem Übersetzungsverhältnis bekannt, bei der ein Lenkbetätigungselement, eine Dreheinheit zum Drehen eines Fahrzeugrades und eine Einheit zum Ändern des Übersetzungsverhältnisses aufweist, die zwischen dem Lenkbetätigungselement und der Dreheinheit angeordnet ist. Die Einheit zur Änderung des Übersetzungsverhältnisses umfasst ein Differentialgetriebe, einen Motor zur Steuerung des Übersetzungsverhältnisses und einen Motor zur Unterstützung des Lenkmoments. Der Differentialtriebemechanismus hat ein erstes innenverzahntes Zahnrad, das mit dem Lenkbetätigungselement gekoppelt ist, ein zweites innenverzahntes Zahnrad, das mit einer Eingangswelle der Dreheinheit gekoppelt und koaxial in Bezug auf das erste innenverzahnte Zahnrad angeordnet ist, mindestens ein Innenzahnrad, das sowohl mit dem ersten als auch mit dem zweiten innenverzahnten Zahnrad kämmt, und ein Innenzahnrad-Trägerelement, das das Innenzahnrad drehbar

trägt. Der Getriebesteuermotor ist mit dem Innenzahnradträger verbunden. Der Lenkmomentunterstützungsmotor ist mit dem zweiten innenverzahnten Zahnrad verbunden.

**[0008]** Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise bei einer Lenkeinrichtung für ein Steer-by-Wire Lenksystem eine Phasenverschiebung zwischen Lenkrad und Lenkaktuator möglichst gering zu halten, insbesondere zu vermeiden.

**[0009]** Die Lösung der Aufgabe erfolgt bei einer Lenkeinrichtung der eingangs genannten Art dadurch, dass in zumindest einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung das Planetengetriebe über das - vorzugsweise durch das Sonnenrad gebildete - erste Planetengetriebeelement durch den Rotor bei festgehaltenem - vorzugsweise durch das Hohlräder gebildeten - zweiten Getriebeelement antreibbar ist, und dass in zumindest einem zweiten Betriebsbereich entweder zumindest zwei Getriebeelemente miteinander fest verbindbar sind, um das Planetengetriebe im Blockumlauf zu betreiben, oder das Planetengetriebe über das - vorzugsweise durch das Hohlräder gebildete zweite Getriebeelement durch den Rotor bei festgehaltenem ersten Getriebeelement antreibbar ist.

**[0010]** Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das erste Getriebeelement und/oder das zweite Getriebeelement durch zumindest eine Kupplungsvorrichtung blockierbar ist/sind.

**[0011]** Insbesondere ist vorgesehen, dass zumindest zwei Planetengetriebeelemente durch die zumindest eine Kupplungsvorrichtung blockierbar sind.

**[0012]** Vorteilhafterweise ist der erste Betriebsbereich der Lenkeinrichtung einem ersten Drehzahlbereich des Rotors und der zweite Betriebsbereich der Lenkeinrichtung einem zweiten Drehzahlbereich des Rotors zugeordnet.

**[0013]** Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kupplungsvorrichtung zumindest zwei Schaltstellungen aufweist und ausgebildet ist, um in zumindest einer dem ersten Betriebsbereich zugeordneten ersten Schaltstellung das zweite Getriebeelement mit einem Gehäuse des Planetengetriebes drehfest zu verbinden und gleichzeitig die drehfest miteinander verbundenen Planetengetriebeelemente zu trennen. Weiters ist dabei die Kupplungsvorrichtung ausgebildet, um in zumindest einer dem zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung zugeordneten zweiten Schaltstellung zumindest zwei Planetengetriebeelemente miteinander drehfest zu verbinden, um das Planetengetriebe im Blockumlauf zu betreiben, und gleichzeitig die drehfeste Verbindung zwischen dem zweiten Getriebeelement und dem Gehäuse des Planetengetriebes zu trennen.

**[0014]** In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kupplungsvorrichtung zumindest zwei Schaltstellungen aufweist und ausgebildet ist, um in zumindest einer dem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung zugeordneten ersten Schaltstellung den Rotor mit dem ersten Getriebeelement drehfest zu verbinden und gleichzeitig die Drehverbindung zwischen dem Rotor und dem zweiten Getriebeelement zu trennen und das zweite Getriebeelement festzuhalten. Weiters ist dabei die Kupplungsvorrichtung ausgebildet, um in zumindest einer dem zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung zugeordneten zweiten Schaltstellung den Rotor mit dem zweiten Getriebeelement drehfest zu verbinden und gleichzeitig die Drehverbindung zwischen dem Rotor und dem ersten Getriebeelement zu trennen und das erste Getriebeelement festzuhalten.

**[0015]** Gemäß einer einfachen Ausführungsvariante der Erfindung ist die Ausgangswelle mit dem - vorzugsweise durch den Planetenträger gebildeten - zweiten Planetengetriebeelement drehfest verbunden.

**[0016]** Dadurch ist es möglich, eine Phasenverschiebung mit geringer Leistung des Elektromotors zu vermeiden.

**[0017]** Vorteilhafterweise ist in einer erfindungsgemäßen Ausführung vorgesehen, dass die Kupplungsvorrichtung drehgeschwindigkeitsabhängig schaltbar ist.

**[0018]** In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kupplungsvorrichtung eine elektromagnetische Schaltkupplung aufweist, wobei vorzugsweise die elektromagneti-

sche Schaltkupplung durch eine Steuereinheit in Abhängigkeit der Drehzahl des Rotors betätigbar ist. Die Drehzahl des Rotors des Elektromotors wird dabei beispielsweise mittels eines Drehzahlsensors ermittelt und der Steuereinheit zugeführt, welche den aktuellen Drehzahlwert mit einem abgelegten Grenzdrehzahlwert vergleicht und in Abhängigkeit des Ergebnisses dieser Prüfung die Kupplungsvorrichtung betätigt.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung sind die Drehzahlen des ersten Drehzahlbereiches kleiner als die Drehzahlen des zweiten Drehzahlbereiches, wobei vorzugsweise der erste Drehzahlbereich durch einen definierten Schwellwert vom zweiten Drehzahlbereich getrennt ist.

**[0020]** Die Ausgangswelle kann beispielsweise über zumindest ein Lenkgetriebeelement mit genau einem einzelnen Radträger eines lenkbaren Rades des Fahrzeuges verbunden sein. Für eine lenkbare Achse werden somit zwei Lenk-Aktuatoren eingesetzt.

**[0021]** Die Aufgabe wird weiters auch durch ein Verfahren zum Betätigen der Lenkeinrichtung dadurch gelöst, dass in zumindest einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung das zweite Getriebeelement festgehalten wird und das Planetengetriebe über das erste Getriebeelement durch den Rotor angetrieben wird, und dass in zumindest einem zweiten Betriebsbereich entweder zumindest zwei Getriebeelemente miteinander fest verbunden werden und das Planetengetriebe im Blockumlauf betrieben wird, oder das erste Getriebeelement festgehalten wird und das Planetengetriebe über das zweite Getriebeelement durch den Rotor angetrieben wird.

**[0022]** Dabei ist gemäß der Erfindung vorgesehen, dass ein erster Betriebsbereich einem ersten Drehzahlbereich des Rotors zugeordnet wird und der zweite Betriebsbereich der Lenkeinrichtung einem zweiten Drehzahlbereich des Rotors zugeordnet wird, wobei vorzugsweise die Drehzahlen des ersten Drehzahlbereiches kleiner sind als die Drehzahlen des zweiten Drehzahlbereiches.

**[0023]** Vorteilhafterweise wird im ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung das Planetengetriebe mit einem ersten Drehzahlübersetzungsverhältnis zwischen dem Rotor und der Ausgangswelle und im zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung das Planetengetriebe mit einem zweiten Drehzahlübersetzungsverhältnis zwischen dem Rotor und der Ausgangswelle betrieben, wobei das erste Drehzahlübersetzungsverhältnis größer ist als das zweite Drehzahlübersetzungsverhältnis.

**[0024]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren gezeigten nichteinschränkenden Ausführungsbeispielen näher erläutert. Darin zeigen schematisch

**[0025]** Fig. 1 eine erfindungsgemäße Lenkeinrichtung in einer ersten Ausführungsvariante und

**[0026]** Fig. 2 eine erfindungsgemäße Lenkeinrichtung in einer zweiten Ausführungsvariante.

**[0027]** Die Fig. 1 zeigt eine Lenkeinrichtung 1 für ein Steer-by-Wire-Lenksystem in einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung. Die Lenkeinrichtung 1 weist einen Lenk-Aktuator 2 mit einem Planetengetriebe 3 und einen Elektromotor 4 mit einem Rotor 5 auf. Der Rotor 5 ist über eine Eingangswelle 6 mit dem Planetengetriebe 3 verbunden. Das Planetengetriebe 3 ist als einfaches Minus-Planetengetriebe ausgebildet und weist ein durch ein Sonnenrad 7 gebildetes erstes Getriebeelement, ein durch ein Hohlräder 8 gebildetes zweites Getriebeelement und ein durch einen Planetenträger 9 mit Planetenrädern 10 gebildetes drittes Getriebeelement auf.

**[0028]** Über die Planetenräder 10 und den Planetenträger 9 wird der Abtrieb über eine Ausgangswelle 11 an einen Radträger 14 eines nicht weiter dargestellten lenkbaren Rades des Fahrzeuges direkt übertragen.

**[0029]** Mittels zumindest einer Kupplungsvorrichtung 15 kann zwischen zumindest zwei Übersetzungsverhältnissen zwischen dem Rotor 5 und dem Planetenträger 9 umgeschaltet werden. Die Kupplungsvorrichtung 15 weist dazu zumindest zwei Schaltstellungen auf, wobei eine erste Schaltstellung einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung 1 und eine zweite Schaltstellung einem zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung 1 zugeordnet ist. Dem ersten Betriebsbereich ist ein niedriger erster Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  des Rotors 5 und dem zweiten Betriebsbereich ein höherer zweiter Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  des Rotors 5 des Elektromotors 4 zugeordnet. Der erste

Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  weist also niedrigere Drehzahlen auf als der zweite Drehzahlbereich  $\Delta n_2$ . Der erste Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  beinhaltet Drehzahlen  $n$  des Rotors 4 unterhalb eines definierten Schwellwertes  $n_S$ . Drehzahlen  $n$  des Rotors 4, die mindestens dem definierten Schwellwert  $n_S$  entsprechen, sind dem zweiten Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  zugeordnet.

**[0030]** Die Kupplungsvorrichtung 15 ist ausgebildet, um in einer dem ersten Betriebsbereich des Lenkgetriebes 1 zugeordneten ersten Schaltstellung das Hohlrad 8 des Planetengetriebes 3 festzuhalten, also mit dem Gehäuse 16 der Lenkeinrichtung 1 drehfest zu verbinden und gleichzeitig einen eventuellen Blockumlauf des Planetengetriebes zu beenden, indem eine drehfeste Verbindung zwischen zumindest zwei Getriebeelementen getrennt wird. Die Kupplungsvorrichtung 15 kann durch eine integrale Kupplungseinheit mit zumindest zwei Kupplungselementen oder durch getrennte Kupplungen gebildet sein.

**[0031]** Die in Fig. 1 dargestellte Kupplungsvorrichtung 15 ist weiters ausgebildet, um in einer dem zweiten Betriebsbereich des Lenkgetriebes 1 zugeordneten zweiten Schaltstellung zumindest zwei Getriebeelemente - beispielsweise das Hohlrad 8 und den Planetenträger 9 - miteinander fest zu verbinden und somit zu blocken. Dadurch kann das Planetengetriebe 3 im sogenannten Blockumlauf betrieben werden, bei dem die Drehzahl der Ausgangswelle 11 der Drehzahl des Rotors 5 entspricht.

**[0032]** Im in Fig. 1 dargestellten Beispiel ist die Kupplungsvorrichtung 15 in der ersten Schaltstellung das Hohlrad 8 mit dem Gehäuse 16 und in der zweiten Schaltstellung mit dem Planetenträger 9 drehfest verbunden. In Fig. 1 ist in der oberen Hälfte die Kupplungsvorrichtung 15 in der ersten Schaltstellung und in der unteren Hälfte die Kupplungsvorrichtung 15 in der zweiten Schaltstellung dargestellt. Die Schaltbewegung der Kupplungsvorrichtung zwischen den beiden Schaltstellungen ist mit dem Pfeil P angedeutet.

**[0033]** Das Umschalten der Kupplungsvorrichtung 15 erfolgt insbesondere in Abhängigkeit der Drehzahl des Rotors 5 des Elektromotors 4 bzw. der Eingangswelle 6 des Planetengetriebes 3. Der Elektromotor 6 treibt somit entweder nur das Sonnenrad 7 des Planetengetriebes 3 bei festgehaltenem Hohlrad 8 bei einem ersten Drehzahlverhältnis  $i_1 > 1$  zwischen Rotor 5 und Ausgangswelle 11 oder alle Getriebeelemente des Planetengetriebes 3 im Blockumlauf bei einem zweiten Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_2 = 1$  zwischen Rotor 5 und Ausgangswelle 11 an. Das erste Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_1$  ist somit größer als das zweite Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_2$ .

**[0034]** Die Kupplungsvorrichtung 15 ist beispielsweise drehgeschwindigkeitsabhängig ausgebildet und kann beispielsweise mechatronisch betätigt sein. Dazu kann die Kupplungsvorrichtung 15 elektromagnetisch über einen mit Bezugszeichen 18 angedeuteten Aktuator schaltbar ausgebildet sein und durch eine Steuereinheit 19 in Abhängigkeit des Eingangssignales eines die Drehzahl  $n$  des Rotors 5 erfassenden Drehzahlsensors 20 gesteuert werden.

**[0035]** Es ist aber auch denkbar, dass die Kupplungsvorrichtung 15 durch ein mechanisches drehzahlabhängiges Stellglied betätigt wird.

**[0036]** Somit wird über die Kupplungsvorrichtung 15 im niedrigen und mittleren Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  des Rotors 5 - also unterhalb des Schwellwertes  $n_S$  - das Hohlrad 8 des Planetengetriebes 3 mit dem Gehäuse 16 und im hohen Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  - also bei Erreichen des Schwellwertes  $n_S$  oder oberhalb des Schwellwertes  $n_S$  - mit dem Planetenträger 9 drehfest verbunden. Dadurch ergibt sich bei kleiner Drehzahl  $n$  des Rotors 5 ein relativ großes Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_1$  von beispielsweise 2 bis 20 und bei großer Motordrehzahl  $n$  ein kleines Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_2 = 1$  zwischen dem Rotor 5 und dem Planetenträger 9 bzw. der Ausgangswelle 11. Das erste Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_1$  ist also größer als das zweite Drehzahlübersetzungsverhältnis  $i_2$ .

**[0037]** Über die gewählten Übersetzungen  $i_1$ ,  $i_2$  wird im niedrigeren und mittleren Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. ersten Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  das Hohlrad 8 mit dem Gehäuse 16 und im hohen Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. zweiten Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  das Hohlrad 10

mit dem Planetenträger 9 verbunden. Alternativ kann auch das Sonnenrad 7 drehfest mit dem Planetenträger 9 oder einem Planetenrad 10 des Planetenträgers 9 oder mit dem Hohlrad 8 verbunden werden.

**[0038]** Die gewählten Übersetzungsverhältnisse  $i_1$ ,  $i_2$  führen zu einem höheren Abtriebs-Rotationsgeschwindigkeitsbereich, wenn der Rotationsgeschwindigkeitsbereich des Elektromotors 4 hoch ist. Dies reduziert die Phasenverschiebung zwischen Lenkrad und Lenkaktuator 2 bei Steer-by-Wire Anwendungen.

**[0039]** Die Fig. 2 zeigt eine Lenkeinrichtung 1 für ein Steer-by-Wire-Lenksystem gemäß einer zweiten Ausführungsvariante der Erfindung, mit einem Lenkaktuator 2, der ein Planetengetriebe 3 und einen Elektromotor 4 mit einem Rotor 5 aufweist, welcher über eine Eingangswelle 6 mit dem Planetengetriebe 3 verbunden ist. Das Planetengetriebe 3 ist auch hier als einfaches Minus-Planetengetriebe ausgebildet und weist ein durch ein Sonnenrad 7 gebildetes erstes Getriebeelement, ein durch ein Hohlrad 8 gebildetes zweites Getriebeelement und ein durch einen Planetenträger 9 mit Planetenrädern 10 gebildetes drittes Getriebeelement auf.

**[0040]** Über die Planetenräder 10 und den Planetenträger 9 wird der Abtrieb über eine Ausgangswelle 11 an einen Radträger 14 eines nicht weiter dargestellten lenkbaren Rades des Fahrzeuges direkt übertragen. Pro Rad ist dabei eine Lenkeinrichtungen 1 mit einem Lenk-Aktuator vorgesehen. Für eine lenkbare Achse mit zwei lenkbaren Rädern werden somit zwei Lenkeinrichtungen 1 eingesetzt.

**[0041]** Mittels zumindest einer Kupplungsvorrichtung 15 kann zwischen zwei Übersetzungsverhältnissen zwischen dem Rotor 5 und dem Planetenträger 9 umgeschaltet werden. Die Kupplungsvorrichtung 15 weist dazu zumindest zwei Schaltstellungen auf, wobei eine erste Schaltstellung einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung 1 und eine zweite Schaltstellung einem zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung 1 zugeordnet ist. Dem ersten Betriebsbereich ist ein niedriger erster Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  des Rotors 5 und dem zweiten Betriebsbereich ein höherer zweiter Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  des Rotors 5 des Elektromotors 4 zugeordnet. Der erste Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  ist also kleiner als der zweite Drehzahlbereich  $\Delta n_2$ . Der erste Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  beinhaltet Drehzahlen  $n$  des Rotors 4 unterhalb eines definierten Schwellwertes  $n_S$ . Drehzahlen  $n$  des Rotors 4, die mindestens dem definierten Schwellwert  $n_S$  entsprechen, sind dem zweiten Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  zugeordnet.

**[0042]** Die Kupplungsvorrichtung 15 ist ausgebildet, um in der ersten Schaltstellung den Rotor 5 des Elektromotors 4 mit dem ersten Planetengetriebeelement - also dem Sonnenrad 7 - drehfest zu verbinden und gleichzeitig die Drehverbindung zwischen dem Rotor 5 und dem zweiten Planetengetriebeelement - also dem Hohlrad 8 - zu trennen. Die Kupplungsvorrichtung 15 kann durch eine integrale Kupplungseinheit mit zumindest zwei Kupplungselementen oder durch getrennte Kupplungen gebildet sein.

**[0043]** Die Kupplungsvorrichtung 15 ist weiters ausgebildet, um in der zweiten Schaltstellung den Rotor 5 mit dem zweiten Planetengetriebeelement drehfest zu verbinden und gleichzeitig die Drehverbindung zwischen dem Rotor 5 und dem ersten Planetengetriebeelement - also dem Sonnenrad 7 - zu trennen.

**[0044]** Das jeweils vom Antrieb getrennte Planetengetriebeelement wird durch ein Bremsenelement 17 festgehalten, also mit dem Gehäuse 16 der Lenkeinrichtung 1 verbunden. Die Bremsenelemente 17 können in die Kupplungsvorrichtung 15 integriert oder separat zu dieser ausgebildet sein.

**[0045]** Über die Kupplungsvorrichtung 15 ist also in der ersten Schaltstellung der Rotor 5 des Elektromotors 4 mit dem Sonnenrad 7 oder in der zweiten Schaltstellung mit dem Hohlrad 8 des Planetengetriebes 3 drehfest verbindbar.

**[0046]** Das Umschalten der Kupplungsvorrichtung 15 erfolgt insbesondere in Abhängigkeit der Drehzahl  $n$  des Rotors 5 des Elektromotors 4 bzw. der Eingangswelle 6 des Planetengetriebes 3. Der Elektromotor 6 treibt über die Kupplungsvorrichtung 15 somit entweder das Sonnenrad 7 oder das Hohlrad 10 in Abhängigkeit der Drehzahl  $n$  des Rotors 4 des Elektromotors 4 an.

**[0047]** Die Kupplungsvorrichtung 15 ist beispielsweise drehgeschwindigkeitsabhängig ausgebildet. Dazu kann die Kupplungsvorrichtung 15 elektromagnetisch schaltbar ausgebildet sein und durch eine Steuereinheit 19 in Abhängigkeit des Eingangssignales eines die Drehzahl des Rotors 5 erfassenden Drehzahlsensors 20 gesteuert werden.

**[0048]** Somit wird über die Kupplungsvorrichtung 15 im niedrigen und mittleren Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  des Rotors 5 - also unterhalb des Schwellwertes  $n_s$  - der Rotor 5 des Elektromotors 4 mit dem Sonnenrad 7 und im hohen Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  - also bei Erreichen des Schwellwertes  $n_s$  oder oberhalb des Schwellwertes  $n_s$  - mit dem Hohlrad 10 drehfest verbunden. Dadurch ergibt sich bei kleiner Motordrehzahl  $n$  eine große Übersetzung  $i_1$  und bei großer Motordrehzahl  $n$  eine kleine Übersetzung  $i_2$  zwischen dem Rotor 5 und dem Planetenträger 9 bzw. der Ausgangswelle 11.

**[0049]** Über die gewählten Übersetzungen  $i_1$ ,  $i_2$  wird im niedrigeren und mittleren Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. ersten Drehzahlbereich  $\Delta n_1$  das Sonnenrad 7 und im hohen Rotationsgeschwindigkeitsbereich bzw. zweiten Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  das Hohlrad 10 kraftschlüssig mit dem Elektromotor 6 verbunden.

**[0050]** Die gewählten Übersetzungsverhältnisse  $i_1$ ,  $i_2$  führen zu einem höheren Abtriebs-Rotationsgeschwindigkeitsbereich, wenn der Rotationsgeschwindigkeitsbereich des Elektromotors 4 hoch ist. Dies reduziert die Phasenverschiebung zwischen Lenkrad und Lenkaktuator 2 bei Steer-by-Wire Anwendungen.

**[0051]** Anstatt oder zusätzlich zum Schalten der drehfesten Verbindung des Antriebs zwischen Rotor 5 und Sonnenrad 7 in die drehfeste Verbindung des Antriebs zwischen Rotor 5 und Hohlrad 8 kann im zweiten Drehzahlbereich  $\Delta n_2$  des Rotors 5 und/oder in einem definierten Fahrzeuggeschwindigkeitsbereich  $\Delta v$  unterhalb eines definierten Grenzwertes  $v_s$  der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  das erste, zweite und dritte Planetengetriebeelement des Planetengetriebes 3 - also das Sonnenrad 7, das Hohlrad 8 und der Planetenträger 9 - miteinander starr verbunden werden und das Planetengetriebe 3 im Blockumlauf - also im direkten Gang - betrieben werden. Daraus resultiert ein Übersetzungsverhältnis von  $i=1$  - Motordrehzahl und Moment des Elektromotors 4 werden somit durchgeschaltet und direkt weiterleitet. Dieser Betrieb im Blockumlauf wird vor allem bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten  $v$  durchgeführt.

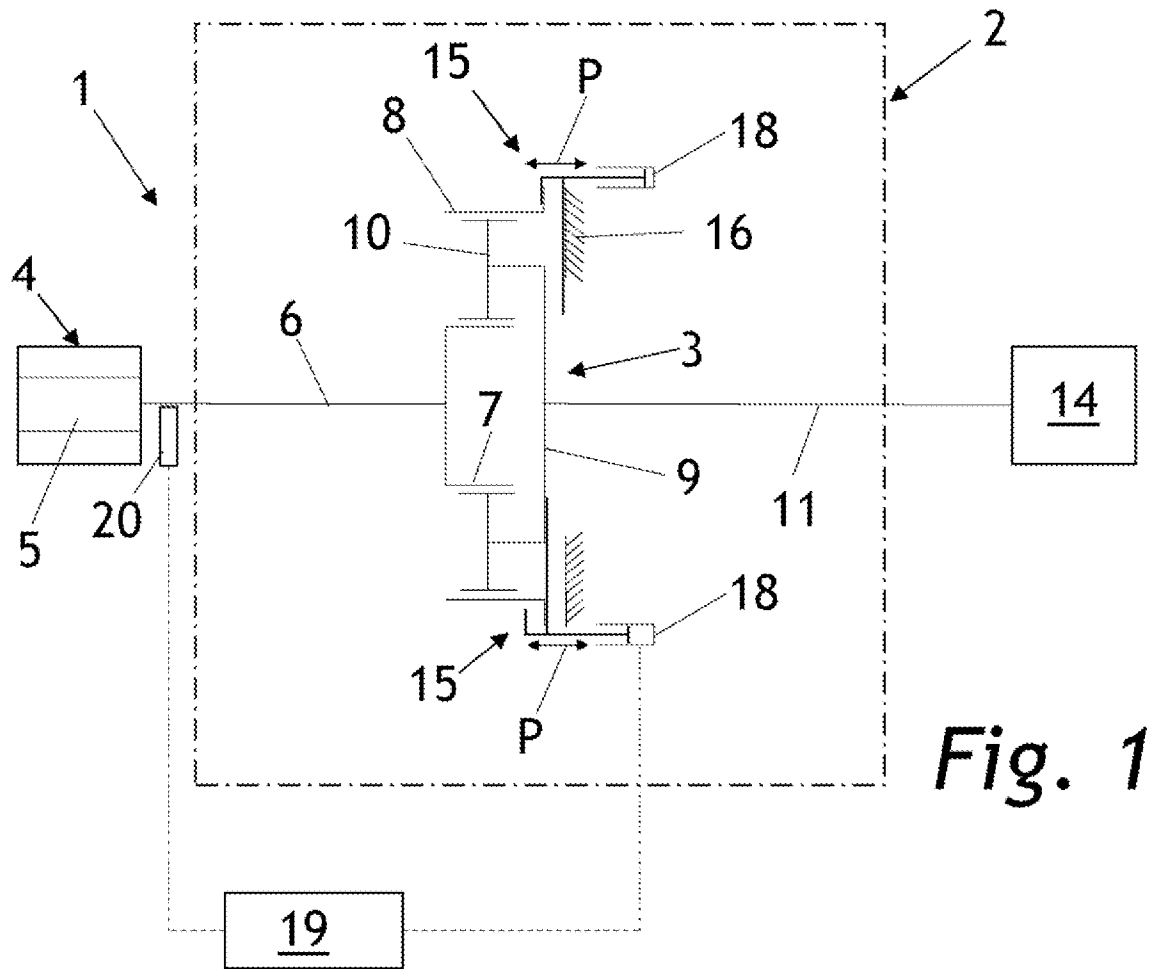
## Patentansprüche

1. Lenkeinrichtung (1) für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Steer-by-Wire-Lenksystem, mit einem Lenk-Aktuator (2) mit einem Planetengetriebe (3) mit einem ersten Planetengetriebeelement, einem zweiten Planetengetriebeelement und einem dritten Planetengetriebeelement aus der Gruppe Sonnenrad (7), Planetenträger (9) und Hohlrاد (8), sowie einem Elektromotor (4) mit einem Rotor (5), der mit zumindest einem Planetengetriebeelement des Planetengetriebes (3) drehfest verbunden oder verbindbar ist, wobei eine mit einem weiteren Planetengetriebeelement des Planetengetriebes (3) verbundene Ausgangswelle (11) mit zumindest einem Radträger (14) verbunden oder verbindbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in zumindest einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) das Planetengetriebe (3) über das - vorzugsweise durch das Sonnenrad (7) gebildete - erste Planetengetriebeelement durch den Rotor (5) bei festgehaltenem - vorzugsweise durch das Hohlrاد (8) gebildeten - zweiten Getriebeelement antreibbar ist, und dass in zumindest einem zweiten Betriebsbereich entweder zumindest zwei Getriebeelemente miteinander fest verbindbar sind, um das Planetengetriebe (3) im Blockumlauf zu betreiben, oder das Planetengetriebe (3) über das - vorzugsweise durch das Hohlrاد (8) gebildete zweite Getriebeelement durch den Rotor (5) bei festgehaltenem ersten Getriebeelement antreibbar ist.
2. Lenkeinrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Getriebeelement und/oder das zweite Getriebeelement durch zumindest eine Kupplungsvorrichtung (15) blockierbar ist/sind.
3. Lenkeinrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Getriebeelemente durch die zumindest eine Kupplungsvorrichtung (15) blockierbar sind.
4. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) einem ersten Drehzahlbereich ( $\Delta n_1$ ) des Rotors (5) und der zweite Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) einem zweiten Drehzahlbereich ( $\Delta n_2$ ) des Rotors (5) zugeordnet ist.
5. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplungsvorrichtung (15) zumindest zwei Schaltstellungen aufweist und ausgebildet ist, um in zumindest einer dem ersten Betriebsbereich zugeordneten ersten Schaltstellung das zweite Getriebeelement mit einem Gehäuse (16) des Planetengetriebes (5) drehfest zu verbinden und gleichzeitig die drehfest miteinander verbundenen Planetengetriebeelemente zu trennen.
6. Lenkeinrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplungsvorrichtung (15) ausgebildet ist, um in zumindest einer dem zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) zugeordneten zweiten Schaltstellung zumindest zwei Planetengetriebeelemente miteinander drehfest zu verbinden, um das Planetengetriebe (3) im Blockumlauf zu betreiben, und gleichzeitig die drehfeste Verbindung zwischen dem zweiten Getriebeelement und dem Gehäuse (16) des Planetengetriebes (5) zu trennen.
7. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplungsvorrichtung (15) zumindest zwei Schaltstellungen aufweist und ausgebildet ist, um in zumindest einer dem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) zugeordneten ersten Schaltstellung den Rotor (5) mit dem ersten Getriebeelement drehfest zu verbinden und gleichzeitig die Drehverbindung zwischen dem Rotor (5) und dem zweiten Getriebeelement zu trennen und das zweite Getriebeelement festzuhalten.
8. Lenkeinrichtung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplungsvorrichtung (15) ausgebildet ist, um in zumindest einer dem zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) zugeordneten zweiten Schaltstellung den Rotor (5) mit dem zweiten Getriebeelement drehfest zu verbinden und gleichzeitig die Drehverbindung zwischen dem Rotor (5) und dem ersten Getriebeelement zu trennen und das erste Getriebeelement festzuhalten.

9. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangswelle (11) mit dem - vorzugsweise durch den Planetenträger gebildeten - zweiten Planetengetriebeelement drehfest verbunden ist.
10. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplungsvorrichtung (15) drehgeschwindigkeitsabhängig betätigbar ist.
11. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplungsvorrichtung (15) zumindest eine elektromagnetische Schaltkupplung aufweist, wobei vorzugsweise die elektromagnetische Schaltkupplung durch eine Steuereinheit in Abhängigkeit der Drehzahl des Rotors (5) betätigbar ist.
12. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehzahlen des ersten Drehzahlbereiches ( $\Delta n_1$ ) kleiner sind als die Drehzahlen des zweiten Drehzahlbereichs ( $\Delta n_2$ ), wobei vorzugsweise der erste Drehzahlbereich ( $\Delta n_1$ ) durch einen definierten Schwellwert ( $n_s$ ) vom zweiten Drehzahlbereich ( $\Delta n_2$ ) getrennt ist.
13. Lenkeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangswelle mit zumindest einem Radträger (14) - vorzugsweise mit genau einem einzelnen Radträger (14) eines lenkbaren Rades - des Fahrzeuges verbunden ist.
14. Verfahren zum Betätigen einer Lenkeinrichtung (1), nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass in zumindest einem ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) das zweite Getriebeelement festgehalten wird und das Planetengetriebe über das erste Getriebeelement durch den Rotor angetrieben wird, und dass in zumindest einem zweiten Betriebsbereich entweder zumindest zwei Getriebeelemente miteinander fest verbunden werden und das Planetengetriebe (3) im Blockumlauf betrieben wird, oder das erste Getriebeelement festgehalten wird und das Planetengetriebe über das zweite Getriebeelement durch den Rotor angetrieben wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) einem ersten Drehzahlbereich ( $\Delta n_1$ ) des Rotors (5) zugeordnet wird und der zweite Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) einem zweiten Drehzahlbereich ( $\Delta n_2$ ) des Rotors (5) zugeordnet wird, wobei vorzugsweise die Drehzahlen des ersten Drehzahlbereichs ( $\Delta n_1$ ) kleiner sind als die Drehzahlen des zweiten Drehzahlbereichs ( $\Delta n_2$ ).
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) das Planetengetriebe (3) mit einem ersten Drehzahlübersetzungsverhältnis ( $i_1$ ) zwischen dem Rotor (5) und der Ausgangswelle (11) und im zweiten Betriebsbereich der Lenkeinrichtung (1) das Planetengetriebe (3) mit einem zweiten Drehzahlübersetzungsverhältnis ( $i_2$ ) zwischen dem Rotor (5) und der Ausgangswelle (11) betrieben wird, wobei das erste Drehzahlübersetzungsverhältnis ( $i_1$ ) größer ist als das zweite Drehzahlübersetzungsverhältnis ( $i_2$ ).

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

1/2



*Fig. 1*

2/2

