

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50792/2019  
(22) Anmeldetag: 11.09.2019  
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2021

(51) Int. Cl.: **B60K 1/02** (2006.01)  
**B60K 17/08** (2006.01)  
**B60K 17/16** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
CN 202986801 U  
US 2006000308 A1  
CN 104709081 A  
US 4270622 A  
CN 105196863 A

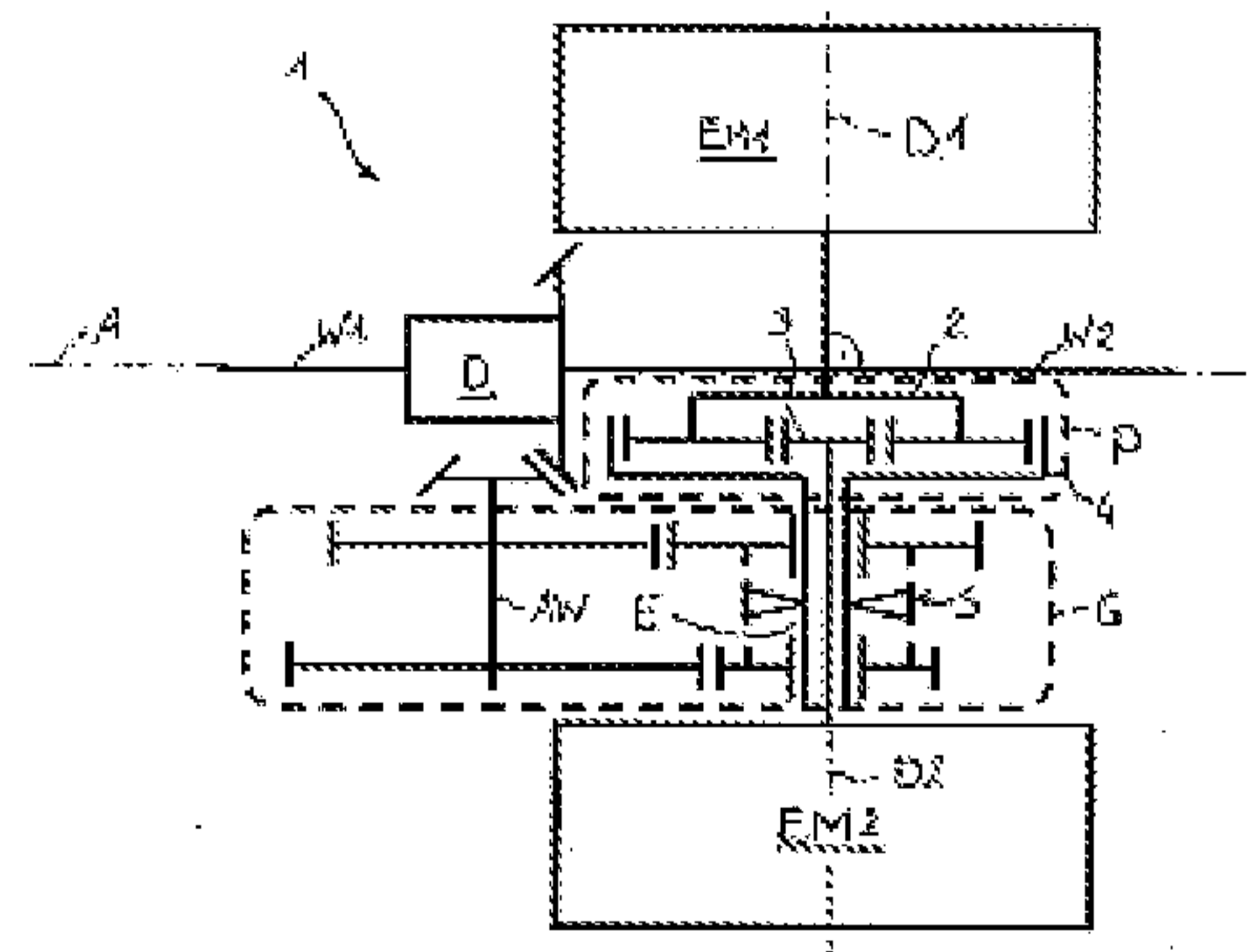
(73) Patentinhaber:  
AVL Commercial Driveline & Tractor  
Engineering GmbH  
4400 Steyr (AT)

(72) Erfinder:  
Domni Rudolf Dipl.Ing. (FH)  
4631 Krenglbach (AT)  
Gruber Wolfgang MSc  
4271 St. Oswald bei Freistadt (AT)  
Kuntner Stefan Ing.  
4481 Asten (AT)  
Tochtermann Jürgen Dipl.Ing.  
4400 Steyr (AT)

(74) Vertreter:  
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.  
1080 Wien (AT)

(54) **ELEKTRISCHE ACHSE**

(57) Die Erfindung betrifft eine elektrische Achse (1), zwei Ausgangswellen (W1,W2) und zwei Elektromotoren (EM1, EM2) aufweisend, wobei die Elektromotoren (EM1, EM2) mit den Ausgangswellen (W1, W2) antriebsverbunden oder antriebsverbindbar sind, und durch ein Planetengetriebe (P) miteinander verbunden oder verbindbar sind, und wobei die Elektromotoren (EM1, EM2) voneinander entfernt, auf entgegengesetzten Seiten der Ausgangswelle (W1, W2) angeordnet sind. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine elektrische Achse bereitzustellen, die für Heavy Duty Anwendungen verbessert ist. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Elektromotoren (EM1, EM2) über ein zumindest zweigängiges Getriebe (G) mit den Ausgangswellen (W1, W2) verbindbar sind.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektrische Achse, zwei Ausgangswellen und zwei Elektromotoren aufweisend, wobei die Elektromotoren mit den Ausgangswellen antriebsverbunden oder antriebsverbindbar sind, und durch ein Planetengetriebe miteinander verbunden oder verbindbar sind, und wobei die Elektromotoren voneinander entfernt, auf entgegengesetzten Seiten der Ausgangswelle angeordnet sind.

**[0002]** Als elektrische Achsen werden Achsen für Fahrzeuge wie PKW oder Nutzfahrzeuge bezeichnet, die elektrisch betreibbar sind. Dazu weisen elektrische Achsen einen Elektromotor auf, der von einer Batterie mit Energie versorgt wird.

**[0003]** Derartige elektrische Achsen sind beispielsweise aus der CN 202986801 U, der CN 104709081 A oder der CN 105196863 A bekannt. Dabei sind die Drehzahlverhältnisse der Elektromotoren fest vorgegeben, was zu einer wesentlichen Einschränkung in der Gestaltung des Antriebs führt.

**[0004]** Der Umweltschutz spielt in der heutigen Gesellschaft eine immer größer werdende Rolle, und es ist allgemeines Ziel in Europa und anderen Teilen der Welt die Schadstoffemissionen im Straßenverkehr drastisch zu reduzieren. So muss der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von LKWs und Bussen gemessen an 2019 bis ins Jahr 2025 um 15 % und bis 2030 um 30% innerhalb der Europäischen Union reduziert werden. Diese Grenzwerte gelten dabei jeweils für die gesamte Flotte eines Fahrzeugherstellers.

**[0005]** Aufgrund dieser und anderen Forderungen die CO<sub>2</sub> Emissionswerte immer weiter zu senken, liegt der Fokus im Nutzfahrzeugbereich mittlerweile über alle Gewichtsklassen hinweg immer stärker auf der Verwendung elektrischer Antriebe.

**[0006]** Elektrische Achsen kommen im Light-Duty (LD) Bereich - das heißt bei leichten Nutzfahrzeugen - und im Medium-Duty (MD) Bereich - das heißt bei mittelschweren Fahrzeugen - vorwiegend mit einem Elektromotor und einem eingängigen Getriebe aus. In Stadtbussen kommen auch radselektive Antriebe zum Einsatz, dabei ist ein Elektromotor und ein eingängiges Getriebe pro Radnabe vorgesehen. Die benötigte Energie wird meist rein batterieelektrisch bereitgestellt, was für Fahrzeuge dieser Gewichtsklassen, zumindest im innerstädtischen Bereich, aufgrund geringerer Reichweitenanforderung akzeptiert wird. Für Überlandfahrten sind jedoch deutlich höhere Anforderungen bezüglich der Reichweite notwendig.

**[0007]** Im Heavy-Duty (HD) Bereich, das heißt für schwere Nutzfahrzeuge, besonders solche im Langstreckeneinsatz, besteht folgendes Problem: Aufgrund der geringeren volumetrischen Energiedichte im Vergleich zu Diesel wären große Energiespeicher notwendig, um akzeptable Reichweiten zu ermöglichen. Dafür nötige große und vor allem schwere Batterien limitieren wiederum das nutzbare Ladevolumen und die Nutzlast. Daher waren LKW für den Langstreckeneinsatz bislang nicht im Fokus der Elektrifizierung.

**[0008]** In Langstreckenfahrzeugen bestehen herausfordernde Rahmenbedingungen. Zum einen erfordert das höhere Fahrzeuggewicht im HD-Bereich einen höheren Leistungsbedarf, was sich in besonders großen Bauelementen bei elektrischen Achsen widerspiegelt. Darüber hinaus bedingt das hohe Fahrzeuggewicht ein entsprechendes Feder-Dämpferkonzept, was zusätzlich dazu den vorhandenen Bauraum limitiert.

**[0009]** Die Leistungsabgabe zweier oder mehrerer Elektromotoren muss - mit Ausnahme von radselektiven Antrieben - auf irgendeine Art und Weise summiert oder gekoppelt werden. Eine derartige Summierung ist über Stirnradstufen bekannt. Die Summierung über eine Stirnradstufe bringt jedoch Nachteile hinsichtlich Geräusentwicklung aufgrund schwingungsangeregter Getriebebauteile mit sich. Gerade bei Elektrofahrzeugen wird dies als besonders unangenehm und störend wahrgenommen, da das im konventionellen Fahrzeug dominante Geräusch des Verbrennungsmotors fehlt.

**[0010]** Da zwei oder mehrere Elektromotoren nie exakt gleich geregelt und angesteuert werden

können, ergibt sich ein gewisser Unterschied zwischen den verschiedenen Elektromotoren. Dieser Unterschied kann beispielsweise bei der Drehzahl oder beim übertragenen Drehmoment bestehen.

**[0011]** Bei dieser Art der Summierung kommt es in den Zahneingriffen zum Summenzahnrad aufgrund des Zahnspiels und der Regelungenauigkeit der Elektromotoren zueinander zu undefinierten Bewegungs- und Belastungszuständen. Diese wirken sich durch eine Bauteilanregung in Form von mehr oder weniger ausgeprägten Rasselgeräuschen negativ auf das NVH-Verhalten (Noise Vibration Harshness) der elektrischen Achse aus, was als unangenehm empfunden wird. NVH beschreibt die Schwingungen im Fahrzeug, die fühlbar und hörbar sind. Diese Schwingungen sollten möglichst reduziert werden. Diese wechselnden Belastungen auf das gemeinsame Zahnrad können neben Geräuschen auch Abnutzungen sowie Schädigungen verursachen.

**[0012]** Wird die Summierung der Elektromotoren über eine Stirnradstufe realisiert, treibt jeder Elektromotor ein Ritzel an. Diese Ritzel greifen in ein gemeinsames dadurch getriebenes Zahnrad ein. Es kommt aufgrund der Verzahnungsspiele und den nicht genau aufeinander abstimmbaren Elektromotoren zu einem undefinierten ständig wechselnden Belastungszustand des gemeinsamen Summenzahnrad. Es werden sich nie gleichzeitig alle Zahnräder im idealen Eingriff befinden. Welcher Eingriff belastet ist und welcher nicht, hängt zu jedem Zeitpunkt vom jeweils dominierenden Elektromotor ab und kann jederzeit wechseln. Dieser Effekt kann zu einer kompletten Entlastung der Zugflanke oder sogar zu einem ungewollten Kontakt auf der gegenüberliegenden Zahnflanke führen. Unerwünschte Geräuschentwicklung und Schädigungen am Zahnrad sind die Folge. Dieses Verhalten kann in der Realität leider nicht durch die Elektromotorregelung unterbunden werden.

**[0013]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine elektrische Achse bereitzustellen, die für schwere Nutzfahrzeuge besser geeignet ist.

**[0014]** Diese Aufgabe wird durch die oben angegebene elektrische Achse erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Elektromotoren über ein zumindest zweigängiges Getriebe (G) mit den Ausgangswellen verbindbar sind.

**[0015]** Antriebsverbunden im Sinne der Erfindung bedeutet, dass ein Leistungsaustausch zwischen einem Elektromotor und einem Element des Planetengetriebes besteht.

**[0016]** Antriebsverbindbar im Sinne der Erfindung bedeutet, dass der Leistungsaustausch mit einem Trennelement unterbrochen und hergestellt werden kann. Dies kann beispielsweise durch eine Kupplung oder eine Bremse erfolgen.

**[0017]** Es werden dabei zwei Elektromotoren gleicher oder unterschiedlicher Leistung in Kombination durch das Planetengetriebe summiert. Das heißt ihre Antriebsleistungen werden zusammengefasst zu einem gemeinsamen Antrieb.

**[0018]** Ein Elektromotor wird dabei mit einem ersten Element des Planetengetriebes verbunden. Ein weiterer Elektromotor wird mit einem zweiten Element des Planetengetriebes verbunden. Das dritte Element des Planetengetriebes stellt dessen Abtrieb dar.

**[0019]** Auf diese Art werden die Drehzahlen der beiden Elektromotoren entsprechend der Übersetzung im Planetengetriebe summiert. Für eine Drehzahländerung am Abtrieb des Planetengetriebes ist somit eine Drehzahländerung eines der beiden Elektromotoren ausreichend. Somit kann während des Schaltvorgangs die Synchrodrehzahl im Getriebe durch die Regelung nur eines der beiden Elektromotoren hergestellt werden. Es kommt zu keiner Summierung der Regelungenauigkeiten und keiner gegenseitigen Beeinflussung oder Anregung der Elektromotoren. Daher werden geräuschintensive Bauteilanregungen verhindert und das NVH-Verhalten der elektrischen Achse verbessert.

**[0020]** Aufgrund des Funktionsprinzips und der variablen Auslegungs- und Gestaltungsmöglichkeiten des Planetengetriebes zur Summierung, kann die Wahl der Drehzahl, für beide Elektromotoren unabhängig voneinander und individuell auf die Systemanforderungen der elektrischen Achse abgestimmt werden. Diese Flexibilität ermöglicht den Betrieb der elektrischen Achse in -

hinsichtlich des Wirkungsgrads - optimierten Bereichen.

**[0021]** Die Summierung über ein Planetengetriebe ermöglicht außerdem ein "aktives Anfahren". Beide Elektromotoren können eigene Drehzahlen aufweisen, die sich bei der Summierung gegenseitig aufheben, so dass das Abtriebselement des Planetengetriebes die Drehzahl Null hat und still steht. Das Anfahren wird durch die Änderung der Drehzahl von zumindest einem Elektromotor dargestellt. Diese Möglichkeit bietet zusätzliche Vorteile hinsichtlich der Betriebsstrategie wie z.B. verbesserter Komfort bei Anfahren am Berg oder unter hoher Last, weil die Elektromotoren bereits in Rotation versetzt sind und nicht von einer Drehzahl Null angehoben werden müssen. Zudem wird der hohe auftretende Strom im Inverter beim Anfahren vom Stillstand unter hoher Last reduziert. Diese führt zu einer Erhöhung der Inverterlebensdauer.

**[0022]** Durch die direkte Kopplung ohne Freilauf der Elektromotoren sind immer beide Elektromotoren im Antriebsstrang wirksam, sowohl als Antriebselement als auch zur Energierückgewinnung oder beim Betrieb in einer gegensätzlichen Drehrichtung (Rückwärtsfahrt). Dadurch kann jeder Elektromotor ideal ausgenutzt werden und auch die Energie durch Rekuperation wieder für die Einspeisung in die Batterie zurückgewonnen werden.

**[0023]** Durch die Anordnung der Elektromotoren auf entgegengesetzten Seiten kann der zur Verfügung stehende Bauraum vor und hinter den Ausgangswellen optimal ausgenutzt werden. Die elektrische Achse ist durch diese besondere Aufteilung ein kompaktes Modul, das wenig Höhe und Breite benötigt.

**[0024]** Vorteilhaft ist diese Anordnung eines Elektromotors vor der Achse und eines Elektromotors hinter der Achse auch, um einen Ausgleich des Schwerpunktes der gesamten E-Achse in Richtung Achsmitte zu erreichen. Dies ist auch hinsichtlich der Achsaufhängung und des Feder-Dämpfer-Konzepts von Vorteil.

**[0025]** Weiters wird diese Aufgabe durch ein Fahrzeug gelöst, das eine derartige elektrische Achse aufweist.

**[0026]** Es ist in einer besonderen Ausführung vorgesehen, dass zumindest ein Elektromotor hinsichtlich seiner Drehachse normal zu der einer Drehachse der Ausgangswelle angeordnet ist, und dass vorzugsweise beide Elektromotoren mit ihren Drehachsen normal zu der Drehachse der Ausgangswelle angeordnet sind. Durch diese Anordnung entsteht der Vorteil, dass die Elektromotoren und das Planetengetriebe besonders einfach und platzsparend anordenbar sind. Dadurch können komplizierte Verbindungselemente reduziert werden und der Konstruktionsaufwand verringert sich.

**[0027]** Dem Planetengetriebe ist in einer besonders günstigen Ausführungsvariante ein Zwei- oder Mehrganggetriebe mit einer beliebigen Anzahl an Übersetzungsstufen nachgeschaltet. Die Drehzahl des Abtriebselements ergibt sich zu jedem Zeitpunkt aus den jeweiligen Antriebsdrehzahlen, wobei diese unabhängig voneinander gewählt werden können, ohne dass sich dadurch ein Zwangszustand einstellt.

**[0028]** Eine besonders günstige Ausführungsvariante sieht vor, dass das zweigängige Getriebe zwei Stirnradstufen aus jeweils einem Losrad und einem Festrad aufweist. Dies ermöglicht eine besonders einfache Konstruktion.

**[0029]** Die Elektromotoren können weiters jeweils über eine beliebige Anzahl vorgeschalteter Übersetzungsstufen drehfest mit je einem Element des Planetengetriebes verbunden sein. Unter einem Element des Planetengetriebes verstehen sich hier gleichbedeutend Hohlräder, Sonnenräder und Planetenträger.

**[0030]** Es ist dabei besonders vorteilhaft, wenn ein Elektromotor mit einem Planetenträger des Planetengetriebes drehfest verbunden ist oder verbindbar ist und wenn der andere Elektromotor mit einem Sonnenrad des Planetengetriebes drehfest verbunden ist oder verbindbar ist.

**[0031]** Besonders einfach ist dies, wenn ein Hohlräder des Planetengetriebes mit einer Eingangswelle des zumindest zweigängigen Getriebes drehfest verbunden ist oder zumindest verbindbar ist.

**[0032]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass einer der zwei Elektromotoren mit einem Sonnenrad des Planetengetriebes drehfest verbunden ist oder verbindbar ist und dass der andere Elektromotor mit einem Hohlrاد des Planetengetriebes drehfest verbunden ist oder verbindbar ist und wenn ein Planetenträger des Planetengetriebes mit einer Eingangswelle des zumindest zweigängigen Getriebes drehfest verbunden ist oder zumindest verbindbar ist.

**[0033]** Um Austauschbarkeit und Kosten zu optimieren, ist in einer besonderen Ausführung vorgesehen, dass die Elektromotoren baugleich sind.

**[0034]** Hinsichtlich der Aufteilung der Antriebe, ist es günstig, wenn die elektrische Achse als Hinterachse ausgebildet ist.

**[0035]** Die Vorteile der Erfindung der elektrischen Achse lassen sich gut ausnutzen, wenn das Fahrzeug ein Nutzfahrzeug ist und optimal ausnutzen, wenn das Fahrzeug ein schweres Nutzfahrzeug ist.

**[0036]** Es ist besonders vorteilhaft, wenn zumindest einer der Elektromotoren durch ein Trennelement mit dem Planetengetriebe verbindbar ist. Wenn der Betrieb der E-Achse mit nur einem Elektromotor für bestimmte Betriebssituationen gewünscht ist, kann der nicht benötigte Elektromotor über dieses zusätzliche Trennelement entkoppelt werden.

**[0037]** Für diesen Fall ist es günstig, wenn dem entsprechenden Antriebselement des Planetengetriebes ein Trennelement zugeordnet ist, das in einer ersten Schaltposition den Elektromotor mit einem Element des Planetengetriebes verbindet und das in einer zweiten Schaltposition den Elektromotor entkoppelt und das Element des Planetengetriebes mit dem Gehäuse verbindet und somit das Drehmoment abstützt.

**[0038]** In der Folge wird die Erfindung anhand einer Ausführung, in der nicht einschränkende Figur näher erläutert. Es zeigen:

**[0039]** Fig. 1 eine erste erfindungsgemäße Ausführung; und

**[0040]** Fig. 2 eine zweite erfindungsgemäße Ausführung.

**[0041]** Die Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße elektrische Achse 1 mit zwei Elektromotoren EM1 und EM2. Zwischen den Elektromotoren EM1 und EM2 ist ein Planetengetriebe P und ein zweigängiges Getriebe G angeordnet. Das Planetengetriebe P weist einen Planetenträger 2, ein Sonnenrad 3 und ein Hohlrاد 4 auf. Der erste Elektromotor EM1 ist in der gezeigten Ausführung mit dem Planetenträger 2 fest verbunden. Der zweite Elektromotor EM2 ist mit dem Sonnenrad 3 des Planetengetriebes P fest verbunden. Das Hohlrاد 4 des Planetengetriebes ist drehfest mit einer Eingangswelle E des zweigängigen Getriebes G verbunden.

**[0042]** Das Getriebe G weist in der dargestellten Ausführung ein Schaltelement S auf, das die gewünschte Zahnradpaarung in Eingriff und somit in Kraftfluss bringt.

**[0043]** In der Fig. 1 ist das zweigängige Getriebe G schematisch gezeigt. Es weist neben der Eingangswelle E eine Welle AW auf, die mit einem Differential D in Wirkverbindung steht. Das Differential D überträgt in bewährter Weise die Drehbewegung von der Welle AW auf eine erste Ausgangswelle W1 und eine zweite Ausgangswelle W2 an denen die Räder des nicht näher dargestellten Fahrzeugs angeordnet sind.

**[0044]** In einer alternativen Ausführung ist ein mehrgängiges Getriebe vorgesehen.

**[0045]** Der erste Elektromotor EM1 ist in der gezeigten Ausführung in Richtung einer Fahrbewegung des Fahrzeugs vor und der zweite Elektromotor EM2 hinter einer Drehachse A der elektrischen Achse 1, beziehungsweise der Ausgangswellen W1 und W2 angeordnet.

**[0046]** Die beiden Elektromotoren EM1 und EM2 sind hier baugleich ausgeführt. Es ist außerdem möglich, zwei unterschiedliche Elektromotoren EM1 und EM2 vorzusehen.

**[0047]** In einer weiteren, in der Fig. 1 nicht gezeigten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der erste Elektromotor EM1 mit dem Hohlrاد 4 verbunden und die Eingangswelle E des Getriebes G mit dem Planetenträger 2 verbunden ist. Der zweite Elektromotor EM2 ist wiederum mit dem

Sonnenrad 3 des Planetengetriebes P verbunden.

**[0048]** In dieser Ausführung ist eine Drehachse D1 des ersten Elektromotors EM1 und eine zweite Drehachse D2 des zweitens Elektromotors EM2 normal auf die Drehachse A der Ausgangswellen W1 und W2 angeordnet.

**[0049]** Fig. 2 zeigt ein Trennelement T, mit dem der erste Elektromotor EM1 von dem Planetengetriebe P entkoppelt werden kann und das Drehmoment am zugehörigen Element des Planetengetriebes P am Gehäuse abgestützt werden kann.

**[0050]** In der gezeigten ersten Schaltstellung des Trennelements T verbindet das Trennelement T den ersten Elektromotor EM1 mit dem Planetenträger 2 des Planetengetriebes P. In einer nicht gezeigten zweiten Schaltstellung des Trennelements T verbindet das Trennelement T den Planetenträger 2 des Planetengetriebes P mit einem Gehäuse. Der Planetenträger 2 ist damit in der zweiten Schaltstellung gehäusefest.

## Patentansprüche

1. Elektrische Achse (1), zwei Ausgangswellen (W1, W2) und zwei Elektromotoren (EM1, EM2) aufweisend, wobei die Elektromotoren (EM1, EM2) mit den Ausgangswellen (W1, W2) antriebsverbunden oder antriebsverbindbar sind, und durch ein Planetengetriebe (P) miteinander verbunden oder verbindbar sind, und wobei die Elektromotoren (EM1, EM2) voneinander entfernt, auf entgegengesetzten Seiten der Ausgangswelle (W1, W2) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektromotoren (EM1, EM2) über ein zumindest zweigängiges Getriebe (G) mit den Ausgangswellen (W1, W2) verbindbar sind.
2. Elektrische Achse (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Elektromotor (EM1, EM2) hinsichtlich seiner Drehachse (D1, D2) normal zu der Drehachse (A) der Ausgangswellen (W1, W2) angeordnet ist.
3. Elektrische Achse (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweigängige Getriebe (G) zwei Stirnradstufen aus jeweils einem Losrad und einem Festrad aufweist.
4. Elektrische Achse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Elektromotor (EM1) mit einem ersten Element, insbesondere einem Planetenträger (2), des Planetengetriebes (P), der zweite Elektromotor (EM2) mit einem zweiten Element, insbesondere einem Sonnenrad (3), des Planetengetriebes (P) und eine Eingangswelle (E) des zweigängigen Getriebes (G) mit einem dritten Element, insbesondere einem Hohlrads (4), des Planetengetriebes (P) antriebsverbunden oder antriebsverbindbar sind.
5. Elektrische Achse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass einer der zwei Elektromotoren (EM1, EM2) mit einem Sonnenrad (3) des Planetengetriebes (P) drehfest verbunden ist oder verbindbar ist, und dass der andere Elektromotor (EM1, EM2) mit einem Hohlrads (4) des Planetengetriebes (P) und eine Eingangswelle (E) des zweigängigen Getriebes (G) mit einem dritten Element, insbesondere einem Planetenträger (2), des Planetengetriebes (P) antriebsverbunden oder antriebsverbindbar sind.
6. Elektrische Achse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektromotoren (EM1, EM2) baugleich sind.
7. Elektrische Achse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einer der Elektromotoren (EM1, EM2) durch ein Trennelement (T) mit dem Planetengetriebe (P) verbindbar ist und dass vorzugsweise beide Elektromotoren (EM1, EM2) durch je ein Trennelement (T) mit dem Planetengetriebe (P) verbindbar sind.
8. Elektrische Achse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass Elemente des Planetengetriebes (P) durch eine Bremse festbremsbar sind.
9. Fahrzeug mit zumindest einer elektrischen Achse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

Fig. 1

