

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Dezember 2023 (21.12.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2023/241971 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*B60K 1/00* (2006.01)      *B60K 17/02* (2006.01)  
*B60K 11/00* (2006.01)      *F16D 65/78* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/064942

(22) Internationales Anmeldedatum:  
05. Juni 2023 (05.06.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2022 205 939.5  
13. Juni 2022 (13.06.2022) DE

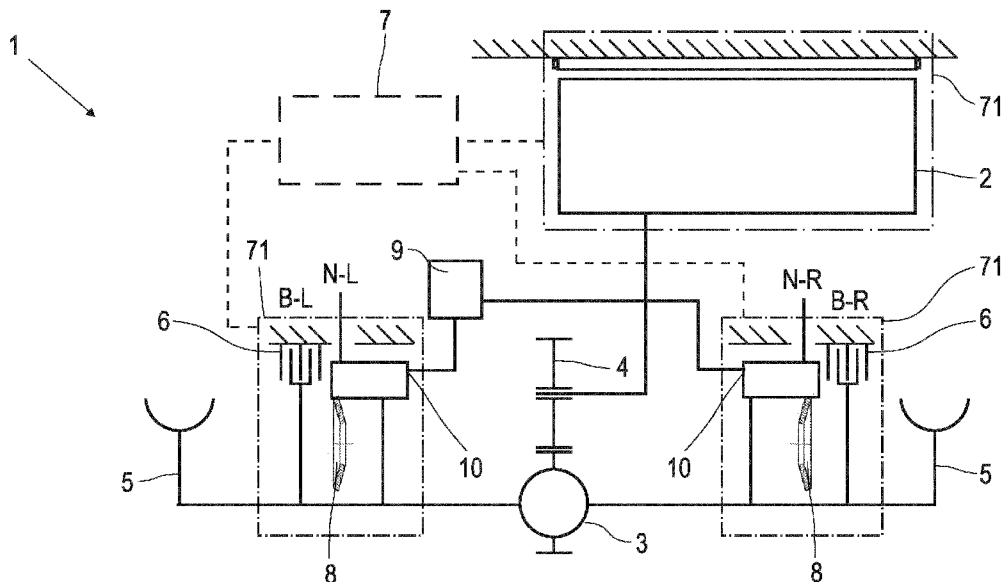
(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **MÜLLER-LINKOWITSCH, Matthias**; Bugenhausen 4, 88263 Horgenzell (DE). **BARTH, Wolfgang**; Mahdenäcker 6, 88074 Meckenbeuren (DE). **MARTIN, Daniel**; Teuringer Straße 213, 88048 Friedrichshafen (DE). **SIBLA, Christian**; Nonnenhorner Straße 52A, 88142 Wasserburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,

(54) Title: SERVICE BRAKE SYSTEM FOR ELECTRICALLY POWERED VEHICLES WITH COUPLED COOLANT CIRCUITS OF DRIVE AND BRAKE

(54) Bezeichnung: BETRIEBSBREMSSYSTEM FÜR ELEKTRISCH ANGETRIEBENE FAHRZEUGE MIT GEKOPPELTEN KÜHLKREISEN VON ANTRIEB UND BREMSE



**Fig. 1**

(57) Abstract: The invention relates to a service brake system for a vehicle having at least one electric drive axle (1), wherein the service brake system has, for the drive axle (1), per wheel (5), an independently controllable service brake device (6). The problem of finding an alternative possibility for improving reliable actuation of the service brake system for electric or hybrid vehicles is solved in that each controllable service brake device (6) is in the form of a multi-disc wet brake and has a hydraulic actuator (10) for controllable brake actuation by means of a pressure oil brake system (9). The pressure oil brake system (9) comprises preferably electric pumps for pressure generation and controlling the brake power.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Betriebsbremssystem für ein Fahrzeug mit mindestens einer elektrischen Antriebs-



**WO 2023/241971 A1**

TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,  
ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

achse (1), wobei das Betriebsbremssystem für die Antriebsachse (1) je Rad (5) eine unabhängig steuerbare Betriebsbremseinrichtung 6 aufweist. Die Aufgabe, eine alternative Möglichkeit zur Verbesserung der zuverlässigen Betätigung des Betriebsbremssystems für Elektro- oder Hybridfahrzeugen zu finden, wird gelöst, indem jede steuerbare Betriebsbremseinrichtung (6) als eine Lamellenmassbremse ausgebildet ist und einen hydraulischen Aktuator (10) zur steuerbaren Bremsbetätigung mittels eines Druckölbremssystems (9) aufweist. Das Druckölbremssystem (9) umfasst vorzugsweise elektrische Pumpen zur Druckerzeugung und Steuerung der Bremsleistung.

## **BETRIEBSBREMSSYSTEM FÜR ELEKTRISCH ANGETRIEBENE FAHRZEUGE MIT GEKOPPELTEN KÜHLKREISEN VON ANTRIEB UND BREMSE**

Die Erfindung betrifft ein Betriebsbremssystem in einem Fahrzeug mit mindestens einer elektrischen Antriebsachse, wobei das Betriebsbremssystem je Rad eine unabhängig steuerbare Bremseinrichtung aufweist, insbesondere für Kraftfahrzeuge, wie Personenkraftwagen (Pkw), Transporter, etc.

Das Anwendungsgebiet der Erfindung liegt insbesondere in der Automobilindustrie auf dem Gebiet der Elektro- oder Hybridfahrzeuge, vorzugweise bei der Effizienzsteigerung von Hauptbetriebskomponenten der Elektromobilität.

Der Stand der Technik des Betriebsbremssystems bei Personenkraftwagen (Pkw) ist aktuell – unabhängig vom Antriebskonzept (Elektro-, Hybrid- oder Verbrennungsantrieb) – eine radnahe, luftgekühlte Scheibenbremse für jedes Rad. Dies ist auch für Elektrofahrzeuge die immer noch vorherrschende Art der Betriebsbremse, welche autark vom Antriebskonzept funktioniert. Nachteile dieses Betriebsbremssystems sind Luftkühlung, Feinstaubbelastung, Wartungsaufwand, Einfluss auf Fahrzeuggeometrie, Schleppverluste etc.

Für Elektro- oder Hybridfahrzeuge, häufig auch als BEV – Battery Electric Vehicle bzw. (P)HEV – (Plug-In) Hybrid Electric Vehicle bezeichnet, ist die Luftkühlung der Scheibenbremse mit den unerwünschten Nebeneffekten von reibungsbedingtem Verschleiß nebst Feinstaubemission, reibungs- und witterungsbedingt hohem Wartungsbedarf sowie Beschränkungen des Fahrzeugdesigns aufgrund von notwendigen Lüftungskanälen ein sehr vorrangiges Problem für die beabsichtigte Umweltfreundlichkeit des Elektroautos (Pkw).

Des Weiteren sind bei Scheibenbremsen die Schleppverluste, die den Wirkungsverzug vom geöffneten bis zum geschlossenen Bremsklotz- oder Lamellenzustand beschreiben, wegen primärer Einflussgrößen, wie Medium im Lüftspalt (Lüftspiel), Belagbreite, Anzahl und Durchmesser der Reibflächen, und sekundärer Einflüsse, wie Belagoberfläche und Reibbelagnutzung, dringend verbesserungsbedürftig. Dem Lüftspiel (Abstand zwischen Bremsklotz und Bremsscheibe bei Scheibenbremsanlagen)

kommt allein deshalb besondere Bedeutung zu, weil ein Abstand zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe für den (ungebremsten) Umlauf der Bremsscheibe unverzichtbar ist, das Lüftspiel aber andererseits beim Betätigen der Bremsen zu einer Bremswegverlängerung führt.

Außerdem sollen BEV und HEV/PHEV vor allem in der Leistungsfähigkeit und Reichweite des elektrischen Antriebs gesteigert werden, indem Betriebsbremssystem und Antriebssystem unter Ausnutzung der Energierückgewinnung (Rekuperationsbremsung) besser verknüpft werden, um den Energiespeicher (Akku) nachzuladen oder aber überschüssige Wärmeenergie aus Antriebs- und Bremssystem umzuwandeln oder für andere Zwecke zu nutzen.

Obwohl heutzutage Betriebsbremsen in herkömmlichen Pkw vor allem wegen der Zusatzfunktionen, wie ESP (elektronisches Stabilitäts-Programm), ASR (Antischlupfregelung), ABS (Antiblockiersystem) etc., nicht mehr mittels mechanischer Verbindung, sondern elektronisch vom Bremspedal gesteuert werden, ist das Betriebsbremssystem selbst für reine E-Autos (BEV) immer noch strikt getrennt vom elektrischen Antriebssystem und mit den peripheren Bremseinrichtungen (luftgekühlte Scheibenbremsen an den Rädern des Fahrzeugs) als Gefahrenbremse eingerichtet.

Neuere Ansätze, von diesem luftgekühlten Trockenscheibenkonzept abzurücken, gehen zu getriebe-nahen Nassbremsen über, wodurch vor allem die Feinstaubbelastung und die Luftkühlkanäle eliminiert werden können. Da Elektrofahrzeuge aber keine Hydraulik benötigen und solche auch nicht ins Konzept vom sauberem Elektroauto passen würde, wird zur Betätigung von Nassbremsen einer elektromechanischen Aktuatorik aus Gründen von einfacher zu verlegender elektrischer Steuerleitungen, Gesamtbauraum und -gewicht sowie Kosten stets der Vorzug gegenüber einem zusätzlichen Hydrauliksystem gegeben.

Die elektromechanische Betätigung kann aber beispielsweise aus Gründen der absoluten Ausfallsicherheit der Betriebsbremse zum Problem werden, weil dazu weitere Batteriesteuerungselemente und/oder redundante Batteriepartitionierungen eingebaut werden müssen. Im Übrigen bringt die elektromechanische Betätigung wiederum erhöhte Verschleißanfälligkeit und Wartungsaufwände mit sich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine alternative Möglichkeit zur Verbesserung der zuverlässigen Betätigung des Betriebsbremssystems für Elektro- oder Hybridfahrzeugen zu finden, die unter Einhaltung der Nachhaltigkeit durch Nassbremsenkonzepte sowie der Vorteile des elektrischen Antriebskonzepts die Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit der Betätigung des Betriebsbremssystems steigert.

Die Aufgabe wird bei einem Betriebsbremssystem in einem Fahrzeug mit mindestens einer elektrischen Antriebsachse, wobei das Betriebsbremssystem auf der Antriebsachse je Rad eine unabhängig steuerbare Betriebsbremseinrichtung aufweist, dadurch gelöst, dass die steuerbare Betriebsbremseinrichtung als eine ölbadbasierte Lamellennassbremse ausgebildet ist und einen hydraulischen Aktuator zur steuerbaren Bremsbetätigung mittels eines Druckölbremssystems aufweist.

Vorteilhaft umfasst das Druckölbremssystem eine oder mehrere elektrische Pumpen zur Druckerzeugung und Steuerung der Bremsleistung in Abhängigkeit von einer Bremspedalstellung.

Der hydraulische Aktuator zur steuerbaren Betätigung der Betriebsbremseinrichtung kann zusätzlich zur formschlüssigen Verriegelung einer Feststellbremse ausgebildet sein.

Zweckmäßig ist die Betriebsbremseinrichtung als eine fluidgekühlte Lamellennassbremse ausgebildet, die mit einer Kühleinrichtung in einen Kühlkreis eingebunden ist.

In einer bevorzugten Ausführung weist jede Betriebsbremseinrichtung eine Kühleinrichtung auf, die mit einer Kühleinrichtung einer Antriebseinheit über ein gemeinsames Wärmetauschersystem gekoppelt ist, wobei das Wärmetauschersystem für ein intelligentes Thermomanagement von Antriebseinheit, Betriebsbremseinrichtungen sowie die Steuerung des Wärmehaushalts von Heiz- oder Kühlsystemen des Fahrzeugs eingerichtet ist.

Das Wärmetauschersystem kann vorteilhaft mit Mitteln zur systemübergreifenden Steuerung von Rekuperationsbremsung der Antriebseinheit, Bremssteuerung der Betriebsbremseinrichtungen, Wärmekopplung von fluidgekühlten Betriebsbremseinrichtungen und Antriebseinheit in Verbindung stehen, um über das Wärmetauschersystem eine Verlagerung des thermischen Betriebspunktes der Antriebseinheit auf Basis einer gesteigerten Wärmeerzeugung durch verknüpfte Ansteuerung der Betriebsbremseinrichtungen bei gleichzeitiger Leistungssteigerung der Antriebseinheit auszuführen.

Dabei kann das Druckölbremssystem eine teilweise Aktuierung der Betriebsbremseinrichtungen solange angepasst steuern, bis der thermische Betriebspunkt der Antriebseinheit durch in den Betriebsbremseinrichtungen und in der Antriebseinheit erzeugte Abwärme in einen gewünschten verschleißarmen Betriebsbereich verschoben ist.

Vorteilhaft wird das Druckölbremssystem die teilweise Aktuierung der Betriebsbremseinrichtungen weiter angepasst steuern, wenn der thermische Betriebspunkt der Antriebseinheit im verschleißarmen Betriebsbereich erreicht ist und vom Wärmetauschersystem ein Transport der in Antriebseinheit und Bremseinrichtungen erzeugten Abwärme für Heiz- und Temperierungszwecke im Fahrzeug aktiviert ist.

Zweckmäßig kann das Wärmetauschersystem die Mittel zur systemübergreifenden Steuerung von Rekuperationsbremsung und Betriebsbremseinrichtungen für Zugriffe auf wenigstens einen der Faktoren aus Batterieladezustand, Soll-/Ist-Temperaturen von Energiespeicher, Antriebseinheit oder Fahrzeuginnenraum, Umgebungstemperatur, Gesamtsituation der Betriebsbremseinrichtungen, Soll/Ist-Bremsleistung, Fahrgeschwindigkeit, bisherigem Fahrerverhalten und Streckeninformationen freischalten.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Fahrzeug mit mindestens einer elektrischen Antriebsachse, das ein Betriebsbremssystem gemäß einer der vorhergehend beschriebenen Ausführungen umfasst.

Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass in modernen Kraftfahrzeugen beliebiger Antriebstechnik das Betriebsbremssystem aufgrund von integrierten Sicherheitsfunktionen, wie elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP), Antriebs-Schlupf-Regulierung (ASR), Antiblockiersystem (ABS) etc.) bereits grundlegende Voraussetzungen dafür erfüllt sind, das Betriebsbremssystem in das elektrische Antriebssystem weitergehend zu integrieren und dessen Nachhaltigkeit in Bezug auf das Nassbremskonzept zu verbessern. Dabei sind aber auch Wartungsfreundlichkeit und Zuverlässigkeit in elektrischen Havarie-situationen zu berücksichtigen.

Die vorliegende Erfindung zielt deshalb darauf ab, insbesondere bei einem Pkw mit einer so genannten E-Achse und mit als Nassbremsen ausgeführten Bremseinrichtungen einen deutlich reduzierten Verschleiß und Wartungsaufwand in einen vorhandenen Ölkühlkreis der Antriebseinheit einzubinden und dabei eine bisher priorisierte elektromechanische Aktuierung der Betriebsbremseinrichtungen durch eine alternative Betätigung mittels Druckhydraulik zu ersetzen. Diese hydraulische Betätigung der Bremseinrichtungen kam bei einer herkömmlich mit druckarm betriebenen Ölkreisläufen ausgestatteten E-Achse nicht in Betracht, da die Ölkreisläufe der Bremseinrichtungen und/oder des Wärmetauschers des Antriebsaggregats für eine hydraulische Bremsbetätigung der Nassbremse nicht einfach mitbenutzt werden kann. Die elektromechanische Aktuierung der Nassbremse durch hydraulische Druckbetätigung abzulösen, um Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit der Bremsbetätigung zu steigern, ist aus Bauraum-, Gewichts- und Kostengesichtspunkten bisher klar abgelehnt worden. Dennoch ist der für eine hydraulische Betätigung erforderliche Druckölkreis als eine probate Alternative in Betracht zu ziehen, wenn mittels kleiner leistungsfähiger elektrischer Pumpen Druckölkreise betrieben werden können oder ein Druckölsystem z.B. für Automatikgetriebe zum Einsatz kommt. Eine druckölhydraulische Betätigung könnte zudem altbewährte Vorteile an Wartungskomfort auch in Elektrofahrzeugen einbringen und elektrische Havarie-situationen für die Betriebsbremse besser überbrücken lassen. Da eine Ölkreisfreiheit von Elektroautos ohnehin nicht realisiert werden kann, ist eine Druckölhydraulik zur Betätigung der Betriebsbremse immerhin eine angeratene Alternative, wenn insbesondere weitere öldruckgesteuerte Komponenten, wie beispielsweise Servolenkung o.ä., für Synergieeffekte genutzt werden können.

Durch die funktionale Ankopplung von nasslaufenden Betriebsbremseinrichtungen an die Antriebseinheit ergeben sich insgesamt folgende Vorteile:

- verschleißarme, wartungsfreie Bremse („Life-Time-Bremse“) unter Vermeidung der Feinstaubemission durch geschlossenes Nassbremsengehäuse und mögliche Integration ins Antriebsgehäuse,
- verbesserte Dimensionierung der Betriebsbremse durch Reibbelag als Kreisring, wodurch die Bremse einfach, bedarfsgerecht nach Fahrzeuggewicht und Antriebsaggregat skaliert werden kann,
- wirkungsgradoptimierte Auslegung der nassen Bremse durch rotationssymmetrische Reibbeläge (koaxiale Bremse), Separierungsfedern etc.
- aktive Kühlung der Betriebsbremsen über Ölkühlkreislauf der Antriebseinheit,
- Integration von Steuerung/Regelung des Betriebsbremssystems in bestehende Steuergeräte vom Antriebssystem (Systemintegration, z.B. zentrales elektronisches Steuergerät), bessere Regelbarkeit der nassen Bremse und unmittelbare Kombination mit Rekuperationsmoment des Antriebssystems möglich,
- intelligentes Thermomanagement von Antriebs- und Betriebsbremssystem über gemeinsamen Wärmetauscher,
- elektrische Steuerung der Betriebsbremse durch Ausnutzung altbewährter Vorteile von hydraulischen Druckzylindern in Druckölkreis(en) mit kleinen leistungsfähigen elektrischen Pumpen.

Neben der direkten Ausnutzung der elektro-hydraulisch betätigten Betriebsbremse für eine erweiterte Bremssteuerung von Rekuperationsbremsung mit Gefahrenbremsvorgängen ist vor allem die zusammenwirkende Steuerung oder Regelung der Ölkreisläufe über ein gemeinsames Wärmetauschersystem von wesentlicher Bedeutung, wobei dadurch weitergehende Maßnahmen, wie das gemeinsame Thermomanagement von Antriebseinheit und Betriebsbremseinrichtungen, aber auch die Temperierung von Batterie- (Akku-) Packs und Innenraum des Elektroautos (Pkw) systemübergreifend beobachtet und gesteuert werden können.

Ein besonderer Effekt der gesamten E-Achse aus Antriebseinheit mit Nassbremse tritt bereits durch die einheitliche Steuerung eines gemeinsamen Wärmehaushalts ein.

Dadurch, dass ein zentrales Wärmetauschersystem eine Regelungsmöglichkeit vorsieht, ist infolge der Integration der Kühlkreisläufe von Betriebsbremseinrichtungen und Antriebseinheit ein für den Wechsel zwischen motorischem und generatorischem Betrieb (Rekuperation) der Antriebseinheit zuständiges Steuerungsmodul zusätzlich für neue Funktionen des Thermomanagements nutzbar. Als Synergieeffekt ergibt sich, dass Betriebszustände des Antriebssystems (zuzüglich des Batteriesystems) geregelt werden können, in denen beim Fahrzeugstart im Winter oder bei Langstreckenfahrten ohne wesentliche Geländeerhebungen sonst nicht der verschleißarm temperierte Arbeitsbereich der E-Achse erreicht wird. Somit kann bei geringer Belastung der Antriebseinheit und/oder bei niedriger Außentemperatur zur Anhebung des zu niedrigen Betriebspunktes des Antriebssystems mittels eines definierten Zuschaltens des Betriebsbremssystems die Last an der Antriebseinheit erhöht wird, um in beiden Systemen, Antriebs- und Betriebsbremssystem zusätzlich Wärme zu erzeugen, die insbesondere beim Kaltstart, eine schnellere Betriebspunktverlagerung erreicht.

Die elektro-hydraulische Betätigung des Betriebsbremssystems führt in diesem Zusammenwirken ebenfalls zu einer verschleißarmen Aktuierung der Betriebsbremseinrichtungen und deren zuverlässigeren Funktion.

Durch die Erfindung wird eine alternative Möglichkeit zur Verbesserung der zuverlässigen Betätigung des Betriebsbremssystems für Elektro- oder Hybridfahrzeugen realisiert, die unter Einhaltung der Nachhaltigkeit durch Nassbremsenkonzepte bei synergetischer wärme- und steuerungstechnischer Kopplung mit dem elektrischen Antriebssystem die Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit der Betätigung des Betriebsbremssystems steigert.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Antriebsachse eines elektrisch getriebenen Kraftfahrzeugs mit nassen Betriebsbremseinheiten und hydraulisch betätigten Aktuatoren,

Fig. 2: eine schematische Darstellung der Betriebszustände am hydraulisch betätigten Aktuator bezüglich Bremsdruck am Hydraulikkolben und Bremswirkung am Beispiel der linken Betriebsbremseinheit.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau der Antriebsachse 1 eines Elektrofahrzeugs (BEV, HEV oder PHEV), die eine Antriebseinheit 2 (nachfolgend auch E-Maschine 2) umfasst, die ein Drehmoment erzeugt, welches über eine Übersetzungsstufe 4 und anschließend über ein Differential 3 auf eine Antriebsachse mit den Antriebsrädern 5 übertragen wird. Die E-Maschine 2 kann einen oder mehrere Elektromotoren enthalten, die entweder den alleinigen Antrieb darstellen oder als Teil eines Hybridantriebs arbeiten können. Die E-Maschine 2 umfasst sämtliche notwendigen Elektronik für deren Ansteuerung und Betrieb sowie notwendige oder optionale Sensorik.

Auf der Antriebsachse 1 befindet sich zu beiden Seiten des Differentials 3 eine Betriebsbremseinrichtung 6, die als nasslaufende Lamellenbremse ausgebildet ist und das Elektrofahrzeug durch Erzeugen eines Bremsmoments verzögern kann.

In beiden Betriebsbremseinrichtungen 6 befindet sich jeweils ein vom Aufbau identisches Bremssystem aus Lamellennassbremse, einem elektrohydraulisch angesteuerten Aktuator 10 sowie einer Rückstellfeder 8, die den jeweiligen Aktuator 10 in einer linken Nulllage N-L für die linke Bremse B-L und einer rechten Nulllage N-R für die rechte Bremse B-R.

Als konkrete Ausführung der Betriebsbremseinrichtungen 6 sind Lamellennassbremsen eingesetzt, die sich dadurch auszeichnen, dass es sich um Vollscheibenbremsen handelt, bei denen die gesamte Bremsscheibenfläche als Reibfläche zum Verzögern genutzt wird und die komplett in einem Ölbad laufen. Dabei werden im Ölbad mehrere Innen- und Außenlamellen axial gegeneinandergespreßt, wodurch die erforderliche Bremsreibung entsteht. Durch die Variation von Anzahl und Größe der Lamellen

eröffnen sich beste Möglichkeiten für die Skalierung der Bremse und die Anwendung eines Baukastensystems je nach Fahrzeuggewicht und Antriebseinheit 2 etc.

Die Bremswirkung wird in beiden mit Lamellennassbremsen bestückten Betriebsbremseinrichtungen 6 über einen durch den hydraulischen Aktuator 10 bewirkten Kraftschluss erzeugt, wobei der Aktuator 10 durch das Druckölsystem 9 elektro-hydraulisch gesteuert wird.

Die Kraftwirkung am Aktuator 10 und die Bremswirkung der Betriebsbremseinrichtung 6 sind in den beiden Diagrammen von Fig. 2 schematisch als Zeitverläufe am Beispiel der linken Bremse qualitativ dargestellt und verdeutlichen die hervorragende Umsetzung von Kraftanstieg am Kolben des Aktuators in Bremswirkung auf die Antriebsachse 1 bzw. Rad 5.

Die Ausführung als nasse verschleißarme, wartungsfreie Lamellenbremse (Life-Time-Bremse) ergibt außerdem solche Vorteile, wie die Reduktion von Bremsinflüssen auf das Fahrverhalten aufgrund der koaxialen Bremse (rotationssymmetrische Reibbeläge), Wirkungsgradoptimierung durch die Anordnung und Dimensionierung der Separierungsfedern, der Art, Anzahl und Durchmesser der Reibbeläge sowie Eliminierung der Umwelteinflüsse, wie Wasser, Schmutz, Salz etc., auf das Bremsverhalten und Vermeidung von Standschäden, wie sie häufig an trockenen Scheibenbremsen zu verzeichnen sind.

Die Steuerung der Betriebsbremseinrichtungen 6 im Zusammenwirken mit der Antriebseinheit 2 kann neben der besseren Regelfähigkeit des Betriebsbremseinrichtungen 6 aufgrund der nassen Bremse vor allem durch kurze Regelstrecken und geringere Störanfälligkeit der druckölhydraulischen Betätigung der Betriebsbremseinrichtungen 6 verbessert werden.

Des Weiteren ist bei der Ausführung als Nassbremse besonders vorteilhaft, dass die Abführung von Reibungswärme durch einen Volumenstrom einer Kühlflüssigkeit erfolgt. Die Abwärme kann somit auch besonders günstig über das Wärmetauschersystem 7 zu weiter entfernten Positionen (nicht gezeichnet) im Fahrzeug transportiert

werden, wo sie beispielsweise zum Heizen des Innenraums, Temperieren des Batteriepacks usw. genutzt oder an die Umgebung abgegeben werden kann.

Wie in Fig. 1 mit gestrichelten Linien dargestellt, kann es beim Abführen der in Wärme umgewandelten Bremsenergie vorteilhaft sein, dasselbe Kühlmedium zu nutzen, wie es für die Antriebseinheit 2 verwendet wird.

Bei der so ergänzten Ausführung der Antriebsachse 1 wird eine durch das gemeinsame Wärmetauschersystem 7 erfolgte Vereinigung von Antriebs- und Bremsenkühlung erreicht, die ein optimiertes Thermomanagement bietet.

Ein gemeinsamer Wärmehaushalt über das Wärmetauschersystem 7 eröffnet eine strategiefähige Energierückgewinnung. Das nasslaufende Betriebsbremssystem mit den Betriebsbremseinrichtungen 6 bietet die Möglichkeit, die Bremsenergie zur Erwärmung des Kühl-/Schmiermediums des gemeinsamen Wärmehaushalts (z. B. Öl) zu nutzen, statt diese Energie einfach nur an die Umgebung abzugeben. Die dadurch gewonnene Wärmeenergie wird dem primären Wärmehaushalt (Wärmetauschersystem 7) oder optional dem peripheren Wärmehaushalt (z. B. Batteriezellenheizung oder Innenraumheizung) zur Verfügung gestellt.

Zusätzlich wird das Problem des recht moderaten, ungleichmäßigen Aufheizverhaltes der elektrischen Antriebseinheit 2 inklusive Fahrzeugkühlkreis des Wärmetauschersystems 7 durch eine nun mögliche Betriebspunktverlagerung der elektrischen Antriebseinheit 2 bei gleichzeitiger Rückführung der Wärmeenergie – durch die Wärmekopplung der Kühleinrichtungen 71 der elektrischen Antriebseinheit 2 und der Betriebsbremseinrichtungen 6 – in das Fahrzeugsystem gelöst (Komponenten und Kühlkreislauf).

Eine vorteilhafte Funktion der Wärmekopplung von Antriebseinheit 2 und Betriebsbremseinrichtungen 6 wird in der Weise erreicht, dass bei geringer Belastung der Antriebseinheit 2 und/oder bei niedriger Außentemperatur zur Anhebung des zu niedrigen Betriebspunktes der Antriebseinheit 2 durch ein definiertes Zuschalten des Betriebsbremseinrichtungen 6 bei konstant gehaltener (z.B. drehzahlgesteuerter) Fahrgeschwindigkeit des Pkw die Last an der Antriebseinheit 2 erhöht wird, um in beiden

Komponenten, der Antriebseinheit 2 und der Betriebsbremseinrichtungen, zusätzlich Wärme zu erzeugen, die vornehmlich die Antriebseinheit 2 auf die gewünschte Betriebstemperatur im verschleißarmen Arbeitsbereich aufwärmt und bei zusätzlichem Heizbedarf für Batteriepack und/oder Innenraum des Pkw diesen erzwungenen erhöhten Lastzustand weiter aufrechterhält. Die so definierte Betriebsart mittels systemübergreifend gesteuerten Thermomanagements führt bei der vorteilhaften Wärmekopplung von Antriebseinheit 2 und Betriebsbremseinrichtungen 6 zu einer schnelleren Betriebspunktverlagerung, insbesondere beim Kaltstart der elektrischen Antriebsachse 1 im Winter. Dieses Aufwärmregime kann aber auch in der kalten Jahreszeit bei Langstreckenfahrten über flaches Streckenprofil zur Gewährleistung des optimalen verschleißarmen Betriebszustandes oder zur Fahrzeugheizung genutzt werden.

Mit dem vorstehend beschriebenen Ausführungskonzept der Erfindung wird die Abkehr vom Prinzip der Trockenbremse als Betriebsbremssystem durch nasslaufende Bremsen fortgesetzt in Form von nassen Lamellenscheibenbremsen als Betriebsbremseinheiten 6, die von einem hydraulischen Aktuator 10 mittels eines elektro-hydraulisch gesteuerten Druckölbremssystems 9 betätigt werden. Mit dem Ölbad jeder Betriebsbremseinheit 6 ist eine weitergehende Kombination von deren Kühleinrichtungen 71 in ein gemeinsames Wärmetauschersystem 7 im Zusammenwirken mit der Kühleinrichtung 71 der Antriebseinheit 2 möglich, die zu Synergieeffekten der erfindungsgemäßen Betriebsbremseinheiten 6 der E-Achse 1 mit der Antriebseinheit 2 und dem Wärmetauscher 7 und zu einem optimierten Thermomanagement führt.

Bezugszeichen

- 1 Antriebsachse (E-Achse)
- 2 Antriebseinheit (E-Maschine)
- 3 Differential
- 4 Übersetzungsstufe
- 5 Rad
- 6 Betriebsbremseinrichtung (Lamellennassbremse)
- 7 Wärmetauschersystem
- 71 Kühleinrichtung
- 8 Rückstellfeder
- 9 Druckölbremssystem (Druckölhydraulik)
- 10 (hydraulischer) Aktuator

### Patentansprüche

1. Betriebsbremssystem in einem Fahrzeug mit mindestens einer elektrischen Antriebsachse (1), wobei das Betriebsbremssystem auf der Antriebsachse (1) je Rad (5) eine unabhängig steuerbare Betriebsbremseinrichtung (6) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die steuerbare Betriebsbremseinrichtung (6) als eine ölbadbasierte Lamellennassbremse ausgebildet ist und einen hydraulischen Aktuator (10) zur steuerbaren Bremsbetätigung mittels eines Druckölbremssystems (9) aufweist.
2. Betriebsbremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckölbremssystem (9) elektrische Pumpen zur Druckerzeugung und Steuerung der Bremsleistung in Abhängigkeit einer Bremspedalstellung umfasst.
3. Betriebsbremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der hydraulische Aktuator (10) zur steuerbaren Betätigung der Betriebsbremseinrichtung (6) zusätzlich zur formschlüssigen Verriegelung einer Feststellbremse ausgebildet ist.
4. Betriebsbremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsbremseinrichtung (6) als eine fluidgekühlte Lamellennassbremse ausgebildet ist.
5. Betriebsbremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Betriebsbremseinrichtung (6) eine Kühleinrichtung (71) aufweist, die mit einer Kühleinrichtung (71) der Antriebseinheit (2) über ein gemeinsames Wärmetauschersystem (7) gekoppelt ist, wobei das Wärmetauschersystem (7) für intelligentes Thermomanagement von Antriebseinheit (2), Betriebsbremseinrichtungen (6) sowie die Steuerung des Wärmehaushalts von Heiz- oder Kühlsystemen des Fahrzeugs eingerichtet ist.
6. Betriebsbremssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmetauschersystem (7) mit Mitteln zur systemübergreifenden Steuerung von Rekuperationsbremsung der Antriebseinheit (2), Bremssteuerung der Betriebsbremseinrichtungen (6), Wärmekopplung von fluidgekühlten Betriebsbremseinrichtungen (6) und Antriebseinheit (2) in Verbindung steht, um über das Wärmetauschersystem (7)

eine Verlagerung des thermischen Betriebspunktes der Antriebseinheit (2) auf Basis einer gesteigerten Wärmeerzeugung durch verknüpfte Ansteuerung der Betriebsbremseinrichtungen (6) bei gleichzeitiger Leistungssteigerung der Antriebseinheit (2) auszuführen.

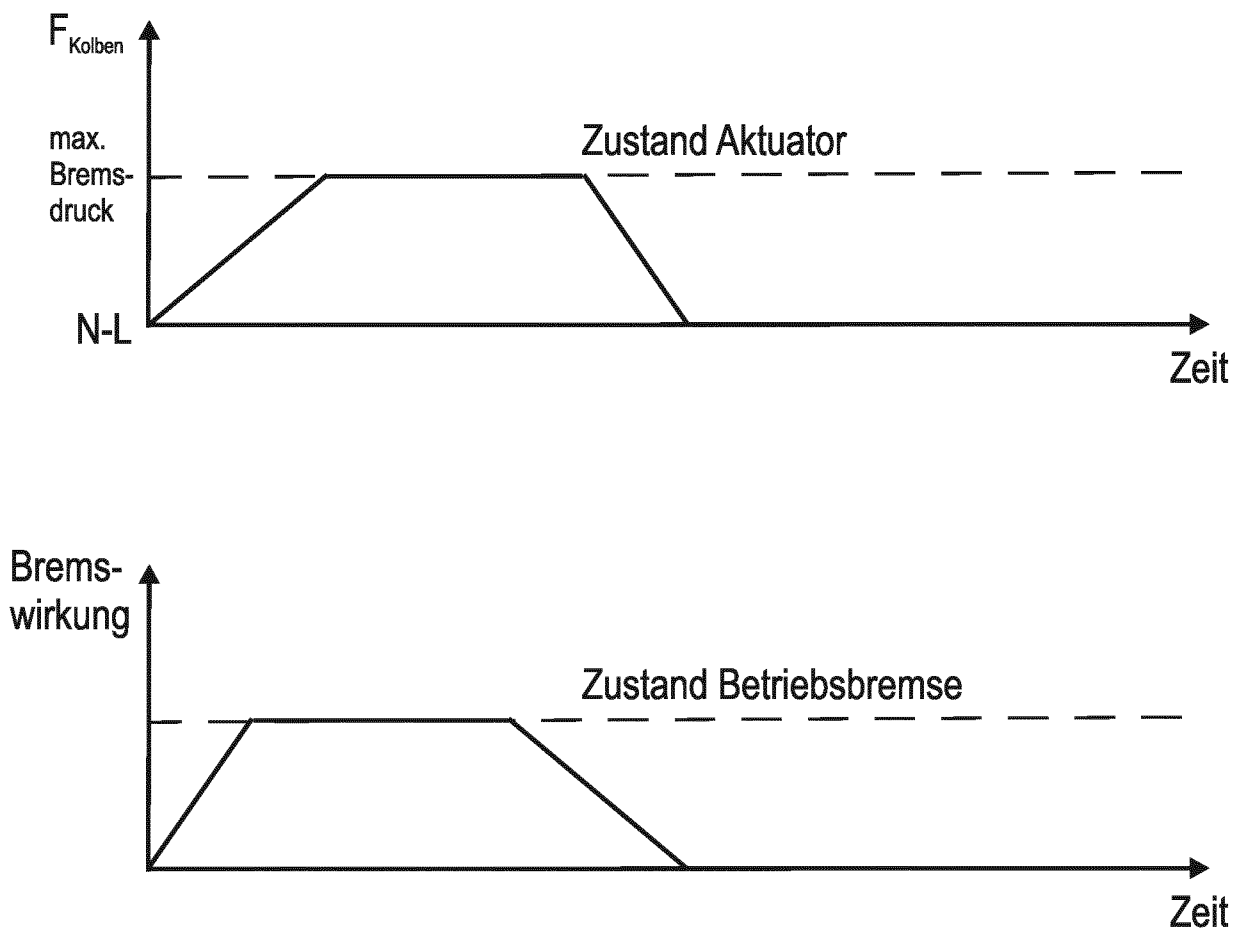
7. Betriebsbremssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckölbremssystem (9) eine teilweise Aktuierung der Betriebsbremseinrichtungen (6) solange angepasst steuert, bis der thermische Betriebspunkt der Antriebseinheit (2) durch in den Betriebsbremseinrichtungen (6) und in der Antriebseinheit (2) erzeugte Abwärme in einen gewünschten verschleißarmen Betriebsbereich verschoben ist.

8. Betriebsbremssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckölbremssystem (9) die teilweise Aktuierung der Betriebsbremseinrichtungen (6) weiter angepasst steuert, wenn der thermische Betriebspunkt Antriebseinheit (2) des verschleißarmen Betriebsbereichs erreicht ist und vom Wärmetauschersystem (7) ein Transport der in Antriebseinheit (2) und Betriebsbremseinrichtungen (6) erzeugten Abwärme für Heiz- und Temperierungszwecke im Fahrzeug aktiviert ist.

9. Betriebsbremssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmetauschersystem (7) die Mittel zur systemübergreifenden Steuerung von Rekuperationsbremsung und Betriebsbremseinrichtungen (6) für Zugriffe auf wenigstens einen der Faktoren aus Batterieladezustand, Soll-/Ist-Temperaturen von Energiespeicher, Antriebseinheit (2) oder Fahrzeuginnenraum, Umgebungstemperatur, Gesamtsituation des Betriebsbremseinrichtungen (6), Soll/Ist-Bremsleistung, Fahrgeschwindigkeit, bisherigem Fahrverhalten und Streckeninformationen freischaltet.

10. Fahrzeug mit mindestens einer elektrischen Antriebsachse (1) umfassend ein Betriebsbremssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche.





**Fig. 2**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2023/064942**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>B60K 1/00</b> (2006.01)i; <b>B60K 11/00</b> (2006.01)i; <b>B60K 17/02</b> (2006.01)i; <b>F16D 65/78</b> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60K; F16D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10219921 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 20 November 2003 (2003-11-20)	1-4,10
A	claims 1,5 claims 1,3 paragraphs [0023] - [0031]	5-9
X	CN 212455273 U (XIANGYANG ZHONGLIANG ENG MACHINERY CO LTD) 02 February 2021 (2021-02-02)	1-4,10
A	figures 2,5,6 paragraphs [0019] - [0027] abstract	5-9
X	CN 111734763 A (QINGDAO AUTOMOTIVE RESEARCH INSTITUTE JILIN UNIV ET AL.) 02 October 2020 (2020-10-02)	1-4,10
A	abstract figure 1 paragraphs [0006] - [0019]	5-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>06 September 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>18 September 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Christensen, Juan</b> Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2023/064942**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 10219921 A1	20 November 2003	NONE	
CN 212455273 U	02 February 2021	NONE	
CN 111734763 A	02 October 2020	NONE	

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
INV.	B60K1/00	B60K11/00
		B60K17/02
		F16D65/78
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )		
<b>B60K F16D</b>		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
<b>EPO-Internal, WPI Data</b>		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>X</b>	<b>DE 102 19 921 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE])</b> <b>20. November 2003 (2003-11-20)</b>	<b>1-4, 10</b>
<b>A</b>	<b>Ansprüche 1, 5</b> <b>Ansprüche 1, 3</b> <b>Absätze [0023] - [0031]</b> -----	<b>5-9</b>
<b>X</b>	<b>CN 212 455 273 U (XIANGYANG ZHONGLIANG ENG MACHINERY CO LTD)</b> <b>2. Februar 2021 (2021-02-02)</b>	<b>1-4, 10</b>
<b>A</b>	<b>Abbildungen 2, 5, 6</b> <b>Absätze [0019] - [0027]</b> <b>Zusammenfassung</b> -----	<b>5-9</b>
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absdeditatum des internationalen Recherchenberichts
<b>6. September 2023</b>		<b>18/09/2023</b>
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Christensen, Juan</b>

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>X</b>	<b>CN 111 734 763 A (QINGDAO AUTOMOTIVE RESEARCH INSTITUTE JILIN UNIV ET AL.)</b> <b>2. Oktober 2020 (2020-10-02)</b>	<b>1-4, 10</b>
<b>A</b>	<b>Zusammenfassung</b> <b>Abbildung 1</b> <b>Absätze [0006] - [0019]</b> -----	<b>5-9</b>

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2023/064942**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>DE 10219921</b>	<b>A1</b>	<b>20-11-2003</b>	<b>KEINE</b>
-----			
<b>CN 212455273</b>	<b>U</b>	<b>02-02-2021</b>	<b>KEINE</b>
-----			
<b>CN 111734763</b>	<b>A</b>	<b>02-10-2020</b>	<b>KEINE</b>
-----			