

(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  
04. Juni 2020 (04.06.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/109108 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*B60L 3/12* (2006.01)      *G01R 31/367* (2019.01)  
*B60L 58/14* (2019.01)      *G01R 31/392* (2019.01)  
*B60L 58/12* (2019.01)      *H01M 10/48* (2006.01)  
*B60L 58/16* (2019.01)

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **MOTZ, Juergen**; Staedtgraben 19, 71711 Steinheim An Der Murr (DE). **KOLLER, Oliver Dieter**; Buhlstr. 45, 71384 Weinstadt (DE). **HEIDINGER, Frederic**; Pliensaustrasse 40, 73728 Esslingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/081943

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. November 2019 (20.11.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

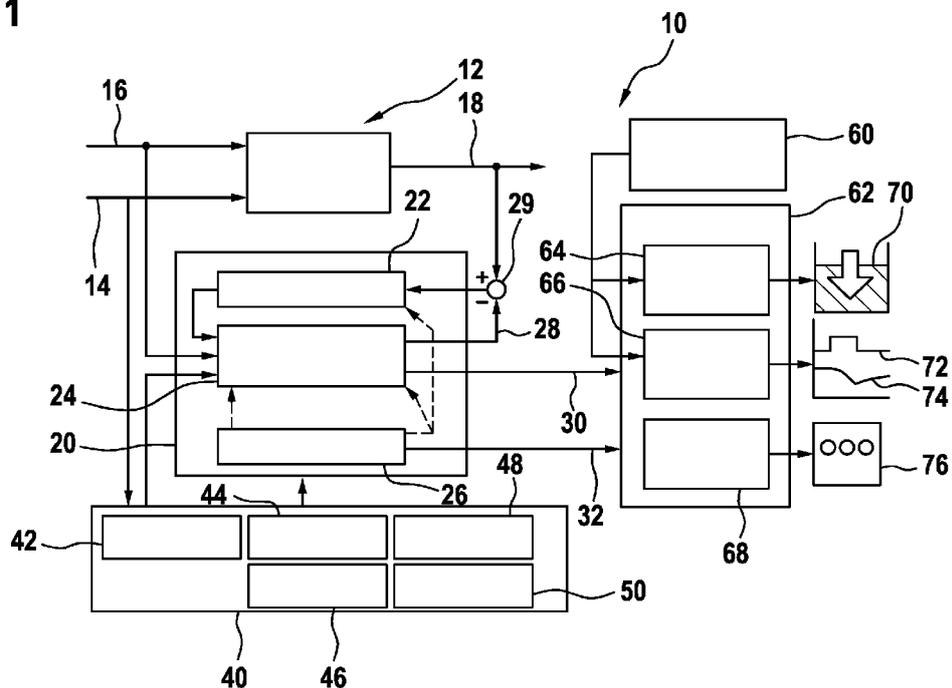
(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 220 494.2  
28. November 2018 (28.11.2018) DE

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR MONITORING AN ENERGY STORAGE DEVICE IN A VEHICLE ELECTRICAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN EINES ENERGIESPEICHERS IN EINEM BORDNETZ

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring an energy storage device in a vehicle electrical system of a motor vehicle, in which method at least one current operating variable of the energy storage device is determined and said at least one operating variable is forwarded to a forecast model and said forecast model determines future values for the at least one operating variable from the current value for the at least one operating variable, wherein the future value of the at least one operating variable is provided to a voltage predictor which calculates an expected minimum voltage of the energy storage device for a selected function.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Überwachen eines Energiespeichers in einem Bordnetz eines Kraftfahrzeugs, bei dem mindestens eine aktuelle Betriebsgröße des Energiespeichers bestimmt wird und diese mindestens eine Betriebsgröße an ein Prognosemo-



WO 2020/109108 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)

---

dell weitergegeben wird und dieses Prognosemodell aus dem aktuellen Wert für die mindestens eine Betriebsgröße zukünftige Werte für die mindestens eine Betriebsgröße bestimmt, wobei der zukünftige Wert der mindestens einen Betriebsgröße an einen Spannungsprädiktor gegeben wird, der eine zu erwartende Minimalspannung des Energiespeichers für eine ausgewählte Funktion berechnet.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Überwachen eines Energiespeichers in einem Bordnetz

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen eines Energiespeichers in einem Bordnetz eines Kraftfahrzeugs und eine Anordnung zum Durchführen des Verfahrens.

Stand der Technik

15

Unter einem Bordnetz ist im automotiven Einsatz die Gesamtheit aller elektrischen Komponenten in einem Kraftfahrzeug zu verstehen. Somit sind davon sowohl elektrische Verbraucher als auch Versorgungsquellen, wie bspw. Batterien, umfasst. Man unterscheidet dabei zwischen dem Energiebordnetz und dem Kommunikationsbordnetz, wobei hierin vor allen Dingen auf das Energiebordnetz eingegangen wird, das dafür zuständig ist, die Komponenten des Kraftfahrzeugs mit Energie zu versorgen. Zur Steuerung des Bordnetzes ist üblicherweise ein Mikrocontroller vorgesehen, der neben Steuerungsfunktionen auch Überwachungsfunktionen ausführt.

25

In einem Kraftfahrzeug ist darauf zu achten, dass elektrische Energie so verfügbar ist, dass das Kraftfahrzeug jederzeit gestartet werden kann und während des Betriebs eine ausreichende Stromversorgung gegeben ist. Aber auch im abgestellten Zustand sollen elektrische Verbraucher noch für einen angemessenen Zeitraum betreibbar sein, ohne dass ein nachfolgender Start beeinträchtigt wird.

30

Das Bordnetz hat die Aufgabe, die elektrischen Verbraucher mit Energie zu versorgen. Fällt die Energieversorgung aufgrund eines Fehlers bzw. Alterung im Bordnetz bzw. in einer Bordnetzkomponente in heutigen Fahrzeugen aus, so entfallen wichtige Funktionen, wie die Servolenkung. Da die Lenkfähigkeit des Fahr-

35

zeugs nicht beeinträchtigt, sondern nur schwergängig wird, ist der Ausfall des Bordnetzes in heutigen in Serie befindlichen Fahrzeugen allgemein akzeptiert, da der Fahrer als Rückfallebene zur Verfügung steht.

5 Aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung von Aggregaten sowie der Einführung von neuen Fahrfunktionen resultieren höhere Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit der elektrischen Energieversorgung im Kraftfahrzeug.

10 Bei zukünftigen hochautomatisierten Fahrfunktionen, wie bspw. einem Autobahn-Piloten, werden dem Fahrer fahrfremde Tätigkeiten in begrenztem Maße erlaubt. Hieraus resultiert, dass bis zum Beenden der hochautomatisierten Fahrfunktion der menschliche Fahrer die Funktion als sensorische, regelungstechnische, mechanische und energetische Rückfallebene nur noch eingeschränkt oder gar nicht wahrnehmen kann. Daher besitzt die elektrische Versorgung beim hochautomatisierten Fahren zur Gewährleistung der sensorischen, regelungstechnischen und aktuatorischen Rückfallebene eine bisher im Kraftfahrzeug nicht gekannte Sicherheitsrelevanz. Fehler bzw. Alterung im elektrischen Bordnetz müssen daher zuverlässig und möglichst vollständig im Sinne der Produktsicherheit erkannt werden.

20 Um den Ausfall von Komponenten prognostizieren zu können, wurden zuverlässigkeitstechnische Ansätze zur Überwachung von Fahrzeugkomponenten erarbeitet. Dazu werden die Bordnetz-Komponenten während des Betriebs überwacht und es wird deren Schädigung ermittelt.

25 Die Druckschrift DE10 2013 203 661 A1 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einem elektrischen Bordnetz, das wenigstens einen Halbleiterschalter aufweist, der während des Betriebs belastet wird. Bei dem Verfahren wird eine Istbelastung des Halbleiterschalters auf Grundlage zurückliegender Belastungsereignisse ermittelt.

30 Der Einsatz eines Batteriesensors gemäß dem Stand der Technik ist in Figur 1 erläutert. Ein Verfahren zur Zustandsbestimmung von Batterien ist in der Druckschrift DE 10 2016 211 898 A1 beschrieben. Hierbei werden Methoden aus der Zuverlässigkeitsbestimmung verwendet, um den Gesundheitszustand der Batterie

rie zu beschreiben. Verwendung finden dabei sogenannte Belastungs-Belastbarkeitsmodelle, die eine Aussage über die Ausfallwahrscheinlichkeit der Komponente geben.

5 Aus der Druckschrift DE 199 59 019 A1 ist ein Verfahren zum Erkennen eines Zustands eines Energiespeichers bekannt. Die Istgrößen des Energiespeichers sind einer Schätzroutine sowie entkoppelt sowohl einem modellbasierten Parameterschätzer als auch einem Filter zuführbar. Erhaltene Parametrierungsgrößen werden einem das Verhalten des Energiespeichers extrapolierenden Prädiktor  
10 zugeführt.

Die Druckschrift EP 1 231 476 B1 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des Alterungszustands einer Batterie. Bei dem Verfahren werden eine Ruhespannung, ein Innenwiderstand und ein innerer Spannungsabfall abgeschätzt und als  
15 Eingangsgroßen eines Modells verwendet. Dieses Modell wird initialisiert und anschließend stimuliert. Mit Hilfe des Modells wird der Alterungszustand abgeschätzt.

#### Offenbarung der Erfindung

20 Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren zum Überwachen eines Energiespeichers, bspw. einer Batterie, in einem Bordnetz eines Kraftfahrzeugs gemäß Anspruch 1 und eine Anordnung zum Durchführen des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 15 vorgestellt. Ausführungsformen ergeben sich aus  
25 den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung.

Das vorgestellte Verfahren dient zum Überwachen eines Energiespeichers in einem Bordnetz eines Kraftfahrzeugs. Im Folgenden wird insbesondere auf die Überwachung einer Batterie als Energiespeicher in einem Bordnetz eingegan-  
30 gen. Das vorgestellte Verfahren ist aber nicht auf die Überwachung einer Batterie beschränkt, sondern kann auch bei anderen Energiespeichern, bspw. bei Kondensatoren, insbesondere bei Hochleistungskondensatoren, angewendet werden.

Bei dem Verfahren wird in Ausgestaltung mindestens eine Betriebsgröße einer Batterie, bspw. ein Innenwiderstand, eine Kapazität und/oder Polarisierungen der Batterie, bestimmt und diese mindestens eine Betriebsgröße an ein Prädiktionsmodell weitergegeben, das aktuelle Werte für die Betriebsgröße berechnet und über ein Belastungs-Belastbarkeitsmodell zukünftige Werte für die mindestens eine Betriebsgröße bestimmt. Der zukünftige Wert der mindestens einen Betriebsgröße wird an einen Spannungsprädiktor gegeben, der eine zu erwartende Minimalspannung der Batterie für eine ausgewählte Funktion berechnet.

Es hat sich gezeigt, dass für die Funktion der sicherheitsrelevanten Verbraucher im jeweiligen Kanal die Klemmenspannung am Verbraucher maßgebend ist. Diese Klemmenspannung ergibt sich aus der Übertragungskette mit Spannungsquelle, bspw. Batterie oder Gleichspannungswandler, Kabelbaumwiderständen in den entsprechenden Teilzweige sowie der Kombination der Lastströme der einzelnen Komponenten.

Weiterhin wurde erkannt, dass eine Unterschreitung der für den jeweiligen Betriebsfall nötigen Mindestversorgungsspannung zu einem Versagen der entsprechenden Komponente führt. Dies kann im sicherheitsrelevanten Szenario eine Verletzung von Sicherheitszielen bewirken oder die Verfügbarkeit von automatisierten Fahrfunktionen einschränken.

Ein solches Unterschreiten der Mindestversorgungsspannung kann durch die Degradation des Energiespeichers, bspw. der Batterie, entstehen. Um dem entgegenzuwirken und eine möglichst hohe Funktionsverfügbarkeit zu erreichen, wird eine prädiktive Diagnose-Funktion für die Batterie benötigt, auf deren Grundlage entweder eine prädiktive Wartung (engl.: Predictive Maintenance) oder Maßnahmen im Bordnetzenergiemanagement umgesetzt werden (engl.: Predictive Health Management).

Die funktions- und randbedingungs-basierte prädiktive Ausfallvorhersage erhöht im Vergleich zu den bekannten Funktionen die Güte der Prädiktion deutlich, da vorhergesagt werden kann, unter welchen Bedingungen und wann die Batterie das Bordnetz nicht mehr ausreichend stützen kann und es somit zu einem Ausfall kommt.

Das beschriebene Verfahren prädiziert den Ausfall des Energiespeichers, bspw. der Batterie, auf Basis ihrer vergangenen Nutzung und der relevanten Systemfunktionen, um rechtzeitig Gegenmaßnahmen zu ergreifen, wodurch die Funktionsverfügbarkeit erhöht wird.

Das vorgestellte Verfahren hat, zumindest in einigen der Ausführungen, eine Reihe von Vorteilen:

- Erhöhung der Funktionsverfügbarkeit, z. B. Start-Stopp und/oder automatisierte Fahrfunktionen,

- Wartungsunterstützung, daraus folgt eine Maximierung der Wartungsintervalle, ohne zusätzliche Ausfälle zu erzeugen, dies führt zu einer Maximierung der Fahrzeugverfügbarkeit für Flottenbetreiber,

- Kostenreduktion durch das Vermeiden von Liegenbleibern, bspw. Bergungskosten usw.,

- Sicherheitserhöhung durch das Vermeiden von Liegenbleibern in unübersichtlichen Situationen.

Die vorgestellte Anordnung dient zur Durchführung des Verfahrens und kann bspw. in Verbindung mit einem Batteriesensor eingesetzt werden.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

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

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt in einem Blockdiagramm einen Batteriesensor nach dem Stand der Technik.

Figur 2 zeigt das Ersatzschaltbild einer Batterie.

5

Figur 3 zeigt das Vorgehen bei der Bestimmung des State of Function (SOF).

Figur 4 zeigt in einem Ablaufdiagramm eine Ausführung des vorgestellten Verfahrens.

10

Ausführungen der Erfindung

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

15

Die folgenden Ausführungsformen beschreiben die Anwendung des vorgestellten Verfahrens in Verbindung mit einer Batterie. Das vorgestellte Verfahren ist nicht auf diese Anwendungen beschränkt und kann in Verbindung mit allen geeigneten Energiespeichern, bspw. in Verbindung mit Kondensatoren, insbesondere mit Hochleistungskondensatoren, wie bspw. Superkondensatoren (engl.: supercaps) oder Ultrakondensatoren, durchgeführt werden.

20

Figur 1 zeigt einen Batteriesensor nach dem Stand der Technik, der insgesamt mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet ist. Eingangsgrößen in eine Einheit 12, insbesondere eine Messeinheit, sind die Temperatur T 14 und der Strom I 16, Ausgangsgröße ist die Spannung U 18.

25

In einem Block 20 erfolgt die Abschätzung von Parametern und Zuständen. Hierin sind eine Rückkopplungseinheit 22, ein Batteriemodell 24 und eine Adaption 26 der Parameter vorgesehen. Es werden eine Variable  $\hat{u}$  28, Zustandsvariablen  $\hat{x}$  30 und Modellparameter  $\hat{p}$  32 ausgegeben.

30

Ein Knoten 29 dient dazu, das Batteriemodell 24 an die Batterie anzupassen. Der Strom I 16 geht direkt und die Temperatur T 14 geht indirekt in das Batteriemo-

35

dell 24 ein. Dieses berechnet  $\hat{u}$  28 und gleicht dieses mit der realen Spannung  $U$  18 ab. Bei Abweichungen wird das Batteriemodell 24 über die Rückkopplungseinheit 22 korrigiert.

5 Weiterhin ist ein Block 40 für Sub-Algorithmen bereitgestellt. Dieser umfasst ein Batterietemperaturmodell 42, eine Ruhespannungsbestimmung 44, eine Spitzenstrommessung 46, eine adaptive Startstromvorhersage 48 und eine Batteriegrößen-  
erfassung 50.

10 Daneben sind Ladungsprofile 60 bereitgestellt, die in einen Block 62 mit Prädiktoren eingehen. Diese sind ein Ladungsprädiktor 64, ein Spannungsprädiktor 66 und ein Alterungsprädiktor 68. Ausgaben des Blocks 62 sind ein SOC 70, Verläufe von Strom 72 und Spannung 74 und ein SOH 76.

15 Der Batteriesensor 10 ermittelt somit den aktuellen SOC (State of Charge) 70 der Batterie und den aktuellen SOH 76 (State of Health, Kapazitätsverlust im Vergleich zum Ausgangszustand) der Batterie. Über die Prädiktoren 64, 66, 68 ist der Batteriesensor 10 in der Lage, den SOC 70 und den SOH 76 nach mehreren  
20 vorher definierten Belastungsszenarien vorherzusagen. Diese können jetzt auch auf automatisiertes Fahren bzw. auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden.

Die Prädiktoren 64, 66, 68 sind weiterhin in der Lage, einen Motor-Startvorgang bei aktuellem Batteriezustand zu simulieren und dessen Auswirkungen auf den  
25 SOC 70, SOH 76 und den SOF (State of Function) zu ermitteln. Führt der Motor-Start in der Simulation zur Unterschreitung bestimmter Grenzwerte, wird der Start-Stopp-Betrieb gesperrt.

Figur 2 zeigt das Ersatzschaltbild einer Batterie, die insgesamt mit der Bezugsziffer 100 bezeichnet ist. Dieses Ersatzschaltbild umfasst einen Innenwiderstand  $R_i$  102, eine erste Kapazität  $C_D$  104, eine zweite Kapazität  $C_k$  106, zu der parallel ein Widerstand  $R_k$  108 geschaltet ist, eine dritte Kapazität  $C_{Dp}$  110, zu der parallel ein Widerstand  $R_{Dp}$  112 geschaltet ist, sowie einen weiteren Widerstand  $R_{Dn}$  114.

Figur 3 zeigt die Funktionsweise der Bestimmung des State of Function. In einem ersten Graphen 150, an dessen Abszisse 152 die Zeit  $t$  und an dessen Ordinate 154 die Spannung  $u(t)$  aufgetragen ist, ist ein Verlauf der Spannung 156 für die Vergangenheit 160 aufgetragen. In einem zweiten Graphen 170, an dessen Abszisse 172 die Zeit  $t$  und an dessen Ordinate 174 der Strom  $i(t)$  aufgetragen ist, ist ein Verlauf des Stroms 176 für die Vergangenheit 160 aufgetragen. Für die Zukunft 162 sind ein für ein bestimmtes Fahrmanöver charakteristischer Stromverlauf 182 sowie ein vom Prädiktor vorhergesagter bzw. prädizierter Spannungsverlauf 180 eingezeichnet. Weiterhin ist eine Spannung  $U$  190 eingezeichnet, die Ausgangspunkt für die Berechnung des SOF darstellt.  $U$  190 ist typischerweise die aktuell messbare Betriebsspannung, es kann aber auch eine theoretisch erwartbare Mindestspannung angesetzt werden, die für eine Worst Case Prädiktion herangezogen werden kann. Der charakteristische Stromverlauf 182 stellt ein virtuelles Stromprofil  $i(t)$  gemäß einer Plattform oder einer Kundenspezifikation dar, bspw. das Batteriestromprofil, das sich während eines Motorstarts ergibt zur Prädiktion des Batteriespannungseinbruchs während des Motor-Warmstarts für Stopp/Start-Anwendungen.

Die minimale prädizierte Spannung für ein bestimmtes Stromprofil  $i(t)$  wird als SOF (State of Function; Maß für die Leistungsfähigkeit der Batterie, eine bestimmte Fahrzeugfunktion, bspw. den Warmstart des Motors, zu erfüllen) herangezogen und im Folgenden zur Entscheidung über die Verfügbarkeit einer bestimmten Funktion herangezogen.

Figur 4 zeigt den Ablaufplan einer beispielhaften Umsetzung des vorgestellten Verfahrens. In einem ersten Schritt werden in einer Batteriezustandserkennungssoftware 200 die aktuelle Kapazität und der Innenwiderstand der Batterie bestimmt bzw. gemessen. Diese werden an ein Prognosemodell 202 weitergegeben. Das Prognosemodell 202 berechnet unter Zuhilfenahme von repräsentativen Lastkollektiven (RLK; zu erwartendes zukünftiges Belastungsprofil der Batterie) und über ein Belastungs-Belastbarkeitsmodell die zukünftigen Werte der Kapazität ( $C_{pred}(t)$ ) und des Innenwiderstands ( $R_{i\_pred}(t)$ ).

Das Prognosemodell kann auf einem Belastungs-Belastbarkeitsmodell, einem physikalischen Modell, einem auf Maschinenlernen basierenden Modell, auf Regression oder auf einer Spline-Extrapolation basieren.

5 Diese Werte werden an einen Spannungsprädiktor 204 weitergegeben. Dieser berechnet über ein elektrisches Ersatzschaltbild, wie dies bspw. in Figur 2 dargestellt ist, analog zu der Funktionsweise des SOF die zu erwartende Minimalspannung der Batterie für eine gegebene Funktion. Hierzu werden Lastprofile 206 für Strom  $I$ , Startspannung  $U$  und Temperatur  $T$  verwendet. Das vorgegebene Stromprofil kann dabei von beliebigen Funktionen stammen, bspw. von einem Start-Stop- oder Safe-Stop-Manöver für automatisiertes Fahren.

15 Im nächsten Schritt 208 wird die prädizierte Minimalspannung ( $U_{\text{pred}}(t)$ ) mit dem Grenzwert verglichen, bei dessen Unterschreitung das Bordnetz ausfallen würde. Wird dieser Grenzwert erreicht oder unterschritten, entspricht der Zeitpunkt  $t$  der Restlebensdauer der Batterie. Ansonsten wird der Zeitschritt  $t$  um ein  $\Delta t$  erhöht und es werden über das zukünftige Lastmodell 210 neue repräsentative Belastungskollektive (RLK) berechnet. Diese repräsentativen Belastungskollektive basieren bspw. auf der vergangenen Belastung der Batterie in Form von Änderungen des Ladezustands, des Stroms, der Spannung, der Temperatur, des Amperestundendurchsatzes usw. und bilden die zukünftige, zu erwartende Belastung der Batterie ab. Dabei wird bspw. auch zwischen unterschiedlichen Randbedingungen, wie Jahreszeit, Fahrtstrecke usw., unterschieden. Diese repräsentativen Lastkollektive werden dann an das Prognosemodell gegeben und neue Werte für  $C_{\text{pred}}(t)$  und  $R_{i_{\text{pred}}}(t)$  werden bestimmt. Diese Iteration wird so lange durchgeführt, bis die prädizierte Minimalspannung den Grenzwert erreicht und somit die Restlebensdauer (RUL) bestimmt ist. Diese Information wird im nächsten Schritt an eine Steuereinheit 212 weitergegeben, die daraus Maßnahmen wie den prädiktiven Komponententausch (Predictive Maintenance) oder Steuerungsmaßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer (Predictive Health Management) ableitet.

35 Das Verfahren sieht somit den Aufbau eines Diagnosemodells einer Batterie vor. In Ausgestaltung wird hierbei über einen Sensor mindestens eine Batteriegröße, bspw. Spannung, Strom, Temperatur, gemessen. Diese Batteriegrößen werden

an die Batteriezustandserkennungssoftware (BSD) 200 gesendet, welche batteriezustandsbeschreibende Größen bestimmt. Die BSD 200 kann hierbei auf physikalischen, statistischen oder auf AI-Modellen (AI: artificial intelligence: künstliche Intelligenz) basieren. Die zustandsbeschreibenden Größen, wie bspw. der Innenwiderstand der Batterie, die Kapazität usw., werden an das Prognosemodell 202 weitergegeben.

In einem weiteren Modell können die Batteriegrößen über die Zeit klassiert werden, um z. B. repräsentative Lastkollektive der Belastung der Batterie zu bilden. Zusätzlich können weitere Signale der Batterie oder aus dem System verwendet werden, um die repräsentativen Lastkollektive zu bilden. Diese RLKs werden auch an das Prognosemodell 202 gesendet.

Das Prognosemodell 202 prädiziert auf Basis der RLKs und der aktuell bestimmten zustandsbeschreibenden Größen der Batterie den zukünftigen Verlauf der zustandsbeschreibenden Größen der Batterie. Das Prognosemodell kann hierbei auch wieder ein physikalisches, statistisches oder AI-Modell sein.

Die extrapolierten zustandsbeschreibenden Batteriegrößen werden in einem Bewertungsmodell verwendet, um den Ausfallzeitpunkt der Batterie zu bestimmen. Dies kann im Wesentlichen auf zwei unterschiedliche Weisen geschehen. Die erste Möglichkeit vergleicht die extrapolierten zustandsbeschreibenden Batteriegrößen mit einem Grenzwert oder einer Grenzwertverteilung, ab dem bzw. der die Batterie nicht mehr funktionsfähig ist. Die zweite Möglichkeit verwendet die extrapolierten zustandsbeschreibenden Batteriegrößen, um simulativ die Restlebensdauer (RUL: Remaining Useful Life) festzustellen. Hierbei wird ähnlich wie bei der SOF-Funktion, wie dies in Figur 3 dargestellt ist, anhand der zustandsbeschreibenden Batteriegrößen und einem Lastprofil für unterschiedliche Funktionen festgestellt, ob die Spannung an der Batterie unter einen Schwellwert sinkt. Ein Unterschreiten dieses Schwellwertes führt zu einem Systemausfall.

Wie bereits ausgeführt wurde, kann das Verfahren eingesetzt werden, um eine Restlebensdauer der Batterie zu ermitteln. Auf Basis der Restlebensdauer kann dann ein Wartungsintervall und/oder ein Austausch der Batterie geregelt werden. Auf Basis der Restlebensdauer können auch Maßnahmen im Energiemanage-

ment zur Erhöhung der Restlebensdauer getroffen werden. Diese Maßnahme können ausgewählt sein kann aus einem Aussetzen und/oder Degradieren von Funktionen einer Veränderung des Soll-Betriebsbereichs der Batterie oder, bei mehreren Energiespeichern, einem Umschichten der Belastung zwischen diesen Energiespeichern.

5

10

## Ansprüche

5

1. Verfahren zum Überwachen eines Energiespeichers in einem Bordnetz eines Kraftfahrzeugs, bei dem mindestens eine aktuelle Betriebsgröße des Energiespeichers bestimmt wird und diese mindestens eine Betriebsgröße an ein Prognosemodell (202) weitergegeben wird und dieses Prognosemodell (202) aus dem aktuellen Wert für die mindestens eine Betriebsgröße zukünftige Werte für die mindestens eine Betriebsgröße bestimmt, wobei der zukünftige Wert der mindestens einen Betriebsgröße an einen Spannungsprädiktor (204) gegeben wird, der eine zu erwartende Minimalspannung des Energiespeichers für eine ausgewählte Funktion berechnet.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Prognosemodell (202) auf einem Belastungs-Belastbarkeitsmodell, einem physikalischen Modell, einem auf Maschinernen basierenden Modell, Regression oder einer Spline-Extrapolation basieren kann.

20

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem als Energiespeicher eine Batterie (100) überwacht und als Betriebsgröße eine Kapazität der Batterie (100) bestimmt wird.

25

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem als Energiespeicher eine Batterie (100) überwacht und als Betriebsgröße ein Innenwiderstand (102) der Batterie (100) bestimmt wird.

30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem als Energiespeicher eine Batterie (100) überwacht und als Betriebsgröße Polarisierungen der Batterie (100) bestimmt werden.

35

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Prognosemodell (202) den aktuellen Wert der mindestens einen Betriebsgröße durch eine zukünftig geschätzte Belastung berechnet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Spannungsprädiktor (204) die Minimalspannung über ein Ersatzschaltbild des Energiespeichers berechnet wird.
- 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem bei der Berechnung der Minimalspannung Lastprofile für Strom, Spannung und Temperatur verwendet werden.
- 10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die berechnete Minimalspannung mit einem Grenzwert verglichen wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem über eine Grenzwertunterschreitung ermittelt wird, ob die den verwendeten Lastprofilen zugeordneten Funktionen zukünftig noch ausgeführt werden können.
- 15
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem eine Restlebensdauer des Energiespeichers ermittelt wird.
- 20
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem auf Basis der Restlebensdauer ein Wartungsintervall und/oder ein Austausch des Energiespeichers geregelt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem auf Basis der Restlebensdauer Maßnahmen im Energiemanagement zur Erhöhung der Restlebensdauer getroffen werden.
- 25
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Maßnahme ausgewählt sein kann aus:
- 30
- Aussetzen und/oder Degradieren von Funktionen,
  - Veränderung des Soll-Betriebsbereichs des Energiespeichers, oder
  - bei mehreren Energiespeichern Umschichten der Belastung zwischen diesen Energiespeichern.

15. Anordnung zum Überwachen eines Energiespeichers in einem Bordnetz eines Kraftfahrzeugs, das zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 eingerichtet ist.

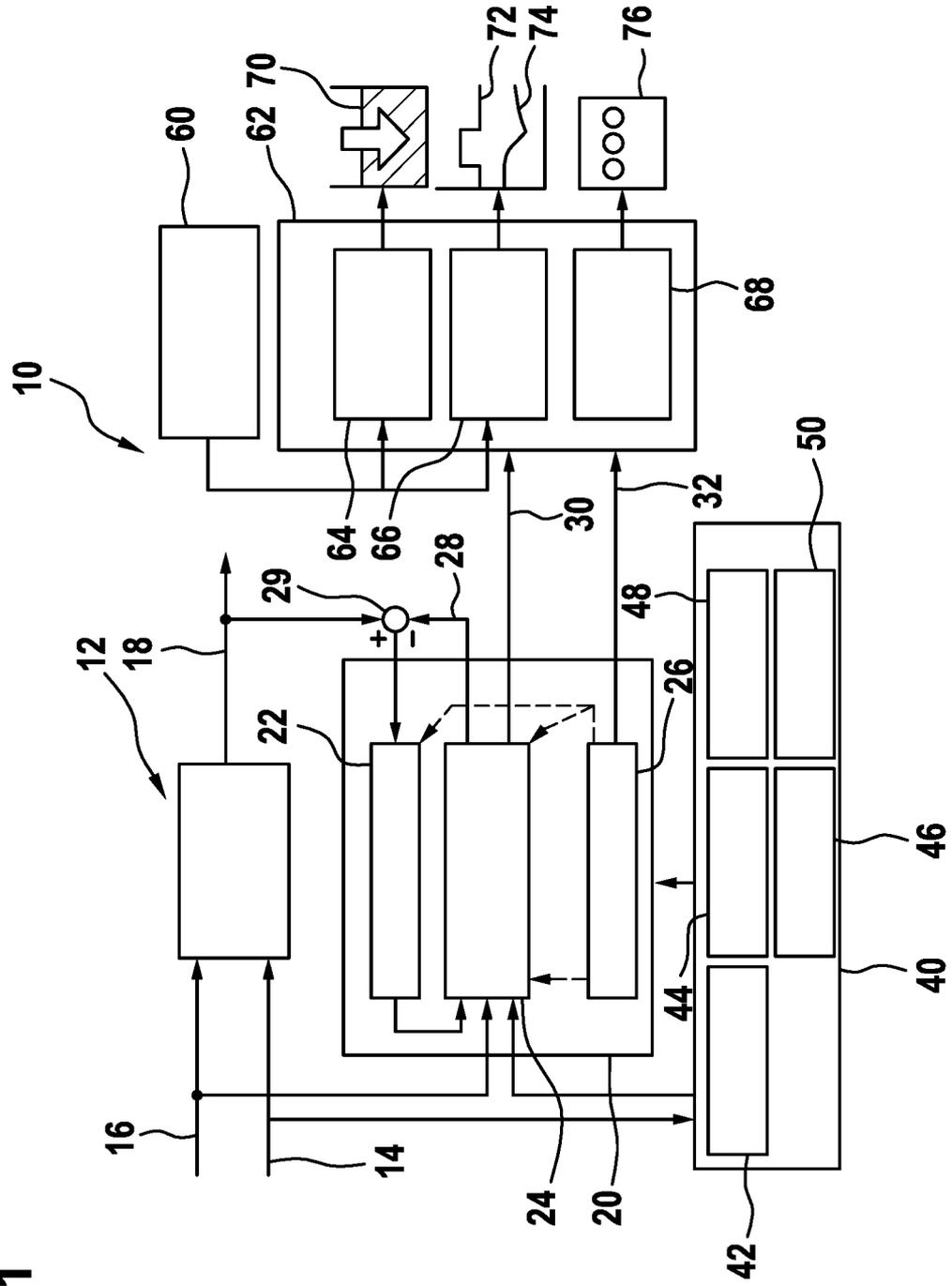


Fig. 1

Fig. 2

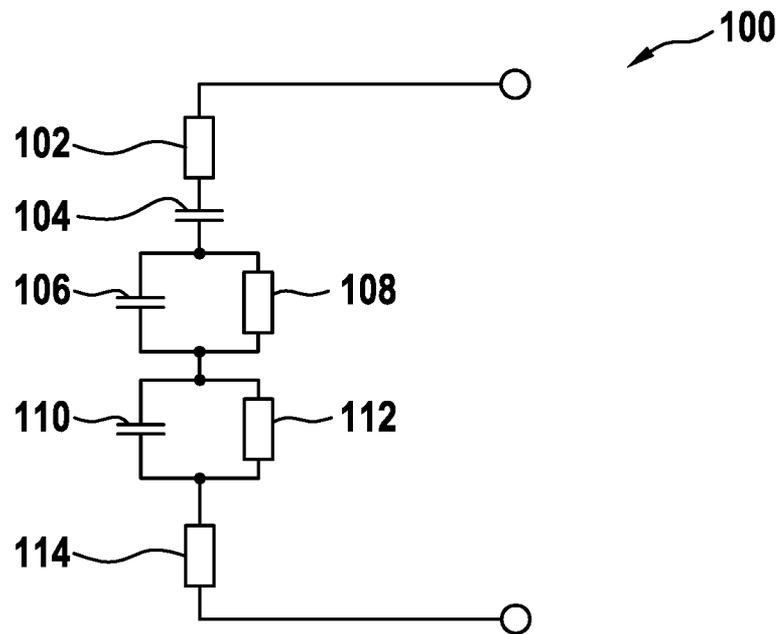


Fig. 3

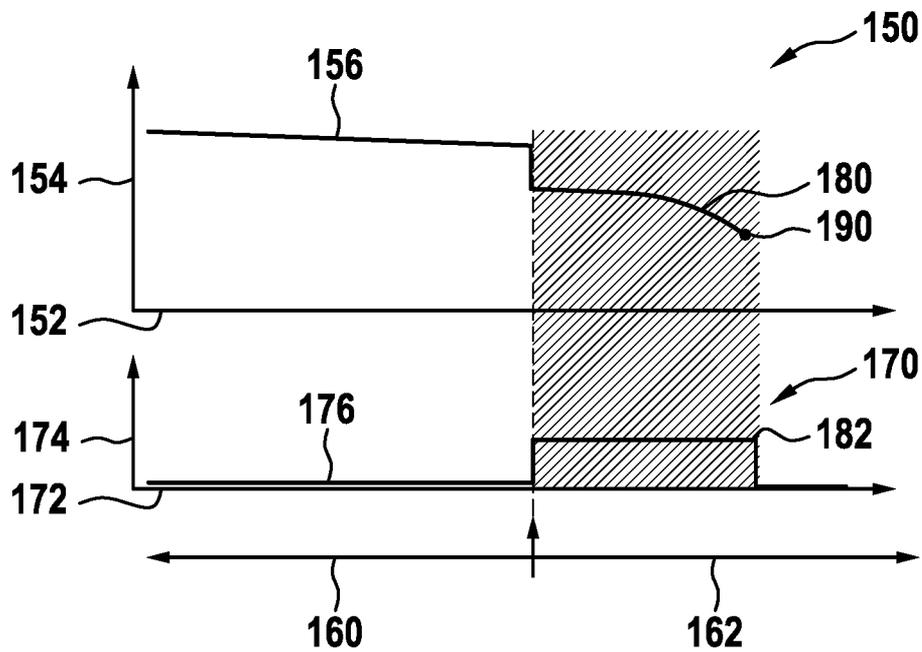
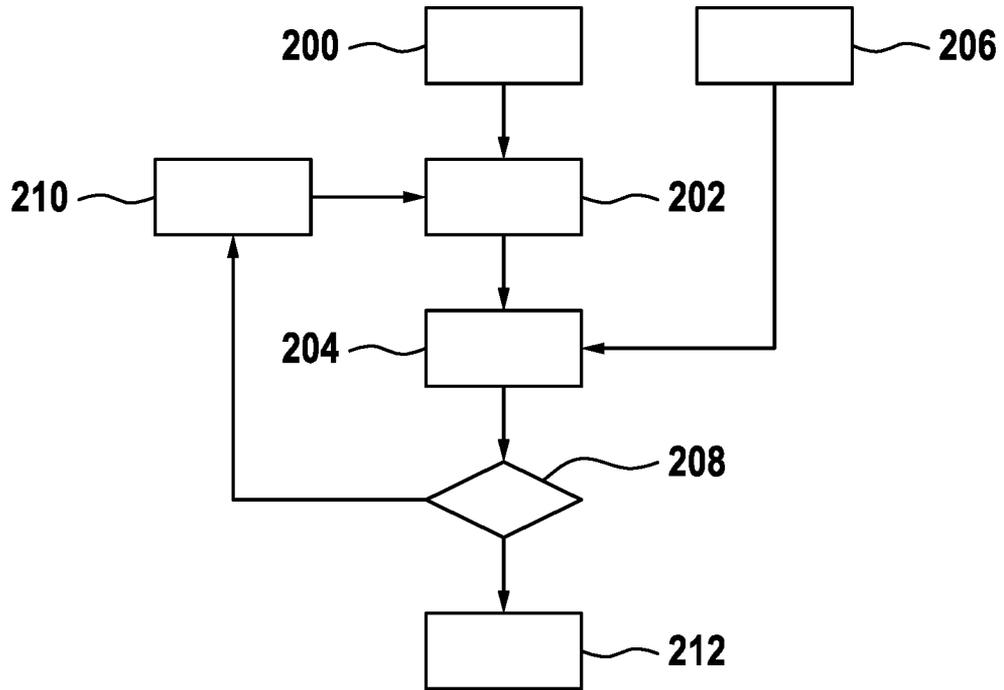


Fig. 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/081943**

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>   |  |  |
|--|--|--|
| <i>B60L 3/12</i> (2006.01)i; <i>B60L 58/14</i> (2019.01)i; <i>B60L 58/12</i> (2019.01)i; <i>B60L 58/16</i> (2019.01)i; <i>G01R 31/367</i> (2019.01)i; <i>G01R 31/392</i> (2019.01)i; <i>H01M 10/48</i> (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)<br>B60L; G01R; H01M  |  |  |
| 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)<br>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 102011005711 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 20 September 2012 (2012-09-20)<br>abstract; claims 1-10; figures 1-4<br>paragraph [0027] - paragraph [0049]            | 1-15   |
| X  | DE 102005050563 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 April 2007 (2007-04-26)<br>abstract; claims 1-11; figures 1-4<br>paragraph [0009] - paragraph [0038]                          | 1-15   |
| A  | DE 102013204539 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; SAMSUNG SDI CO [KR]) 18 September 2014 (2014-09-18)<br>abstract; claims 1-10; figures 4-6<br>paragraph [0020] - paragraph [0081] | 1-15   |
| A  | US 2003231006 A1 (TOJIMA KAZUO [JP]) 18 December 2003 (2003-12-18)<br>the whole document   | 1-15   |
| <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:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>22 January 2020</b>  |  | Date of mailing of the international search report<br><b>30 January 2020</b> |
| Name and mailing address of the ISA/EP<br><b>European Patent Office<br/>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk<br/>Netherlands</b><br>Telephone No. (+31-70)340-2040<br>Facsimile No. (+31-70)340-3016  |  | Authorized officer<br><b>Koutsorodis, Dafni</b><br>Telephone No.             |

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

International application No.

**PCT/EP2019/081943**

| Patent document cited in search report |              |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|--------------|----|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| DE                                     | 102011005711 | A1 | 20 September 2012                 | NONE                    |                                   |
| DE                                     | 102005050563 | A1 | 26 April 2007                     | DE 102005050563         | A1 26 April 2007                  |
|  |              |    |                                   | EP 1941290              | A1 09 July 2008                   |
|  |              |    |                                   | JP 2009512845           | A 26 March 2009                   |
|  |              |    |                                   | KR 20080068659          | A 23 July 2008                    |
|  |              |    |                                   | US 2009306915           | A1 10 December 2009               |
|  |              |    |                                   | WO 2007045673           | A1 26 April 2007                  |
| DE                                     | 102013204539 | A1 | 18 September 2014                 | NONE                    |                                   |
| US                                     | 2003231006   | A1 | 18 December 2003                  | DE 10325751             | A1 08 January 2004                |
|  |              |    |                                   | FR 2841385              | A1 26 December 2003               |
|  |              |    |                                   | JP 4042475              | B2 06 February 2008               |
|  |              |    |                                   | JP 2004022183           | A 22 January 2004                 |
|  |              |    |                                   | US 2003231006           | A1 18 December 2003               |

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES   |  |                        |
| INV.  | B60L3/12<br>G01R31/392   | B60L58/14<br>H01M10/48 |
|   | B60L58/12  | B60L58/16              |
|   |  | G01R31/367             |
| ADD.  |  |                        |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC   |  |                        |
| B. RECHERCHIERTER GEBIETE   |  |                        |
| Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )   |  |                        |
| B60L G01R H01M  |  |                        |
| 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)   |  |                        |
| EPO-Internal, WPI Data  |  |                        |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN   |  |                        |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.     |
| X   | DE 10 2011 005711 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE])<br>20. September 2012 (2012-09-20)<br>Zusammenfassung; Ansprüche 1-10;<br>Abbildungen 1-4<br>Absatz [0027] - Absatz [0049] | 1-15                   |
| X   | DE 10 2005 050563 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26. April 2007 (2007-04-26)<br>Zusammenfassung; Ansprüche 1-11;<br>Abbildungen 1-4<br>Absatz [0009] - Absatz [0038]                  | 1-15                   |
|   | -----<br>-/-   |                        |
| <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 :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"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)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"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<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"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<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |  |                        |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche   | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  |                        |
| 22. Januar 2020   | 30/01/2020   |                        |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Koutsorodis, Dafni  |                        |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |   |                    |
|---|---|--------------------|
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
| A   | DE 10 2013 204539 A1 (BOSCH GMBH ROBERT<br>[DE]; SAMSUNG SDI CO [KR])<br>18. September 2014 (2014-09-18)<br>Zusammenfassung; Ansprüche 1-10;<br>Abbildungen 4-6<br>Absatz [0020] - Absatz [0081]<br>----- | 1-15               |
| A   | US 2003/231006 A1 (TOJIMA KAZUO [JP])<br>18. Dezember 2003 (2003-12-18)<br>das ganze Dokument<br>-----  | 1-15               |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/081943

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102011005711 A1                                 | 20-09-2012                    | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| DE 102005050563 A1                                 | 26-04-2007                    | DE 102005050563 A1                | 26-04-2007                    |
|  |                               | EP 1941290 A1                     | 09-07-2008                    |
|  |                               | JP 2009512845 A                   | 26-03-2009                    |
|  |                               | KR 20080068659 A                  | 23-07-2008                    |
|  |                               | US 2009306915 A1                  | 10-12-2009                    |
|  |                               | WO 2007045673 A1                  | 26-04-2007                    |
| -----  |                               |                                   |                               |
| DE 102013204539 A1                                 | 18-09-2014                    | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 2003231006 A1                                   | 18-12-2003                    | DE 10325751 A1                    | 08-01-2004                    |
|  |                               | FR 2841385 A1                     | 26-12-2003                    |
|  |                               | JP 4042475 B2                     | 06-02-2008                    |
|  |                               | JP 2004022183 A                   | 22-01-2004                    |
|  |                               | US 2003231006 A1                  | 18-12-2003                    |
| -----  |                               |                                   |                               |