(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
16. Januar 2025 (16.01.2025)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/010459 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2024/060265

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Juli 2024 (05.07.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 50543/2023 07. Juli 2023 (07.07.2023) AT

(71) Anmelder: **AVL LIST GMBH** [AT/AT]; Hans-List Platz 1, 8020 8020/Graz (AT).

(72) Erfinder: **ARAS KACAR, Ayse Cisel**; Kultur Mah Gazete Muhabirleri Sitesi D2 Blok D2. Ulus, Besiktas, 34340 Istanbul (TR). **TURGUT, Furkan Metin**; Kurtköy, Ceyhan Sk. No:6, Yunus, Elit Apt. Kat:5 Daire:23, 34912 Pendik (TR). **KURT ÖNOL, Ece**; Altayçe me Mah.Geyve Sk., Ya amkent Sitesi- Sedef Apt. No:, 3 Daire: 2, 34843 Istanbul (TR). **OZCELIK, Melik Burga**; Seyrantepe Mahallesi, Cesur, Sokak, No:59, 34418 Kagithane (TR). **ESEN, Oguzhan**; Murat Reis Mah. Yan Sk. No:18/2, 34696 Uskudar (TR). **SIVARAMAN, Thyagesh**; Amselgasse 5, 8054 Seiersberg-Pirka (AT). **SAHIN, Metehan**; Düzgün Street 1/7, 34153 Istanbul (TR).

(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, DE, 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,

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR DETERMINING A CHARGING CURRENT LIMIT FOR A CHARGING PROCESS OF A RECHARGEABLE BATTERY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SYSTEM ZUR ERMITTLUNG EINER LADESTROMGRENZE FÜR EINEN LADEPROZESS EINER WIEDERAUFLADBAREN BATTERIE

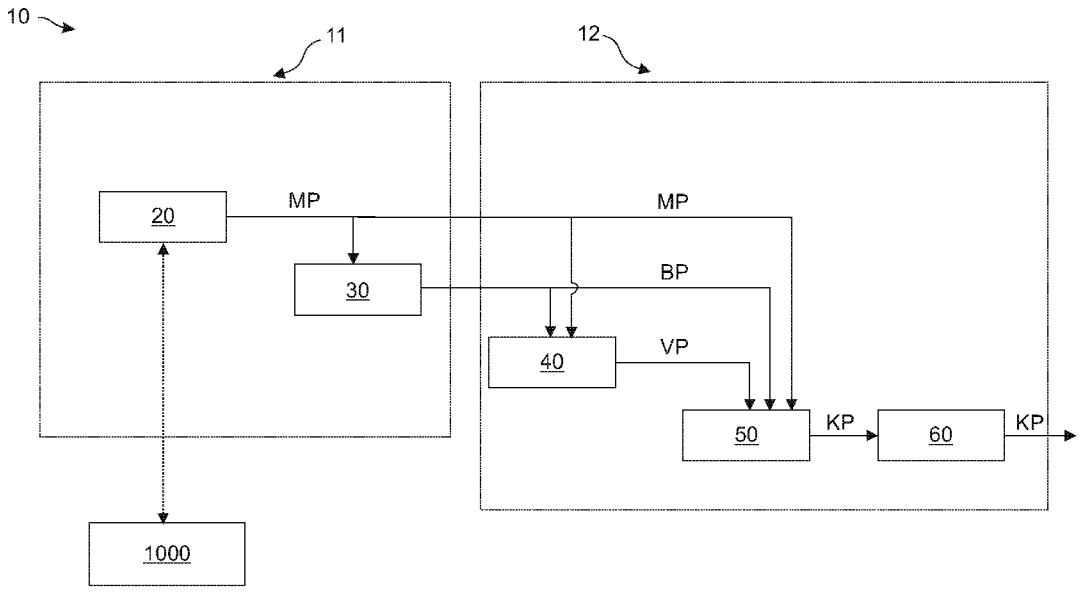

Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method (100), a computer program product, a control system (10) and a battery charging system (90) for determining a charging current limit for a charging process of a rechargeable battery device (1000). In this case, measurement parameters (MP) are recorded at the battery device (1000). Furthermore, battery parameters (BP) are determined by means of a process physics-based battery model on the basis of the recorded measurement parameters (MP). Furthermore, prediction parameters (VP) for the onset of metal plating at an electrode (1001, 1002) of the battery device (1000) are determined with the aid of a prediction model, in particular a data-driven prediction model, wherein at least one forecast onset time of metal plating is determined as prediction

WO 2025/010459 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

parameter(s) (VP) on the basis of at least the battery parameters (BP) as input parameters of the prediction model. Control parameters (KP) for controlling the charging process are determined with the aid of a control model, which is likewise in particular a data-driven control model, wherein on the basis of the measurement parameters (MP), the battery parameters (BP) and the prediction parameters (VP), the charging current limit is determined as the at least one control parameter (KP) and the determined charging current limit for specifying the charging current is output to a battery charging system (90).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100), ein Computerprogrammprodukt, ein Kontrollsystem (10) und ein Batterieladesystem (90) zur Ermittlung einer Ladestromgrenze für einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung (1000). Dabei werden an der Batterievorrichtung (1000) Messparameter (MP) erfasst. Ferner werden Batterieparameter (BP) mittels eines prozessphysik-basierten Batteriemodells basierend auf den erfassten Messparametern (MP) ermittelt. Ferner werden Vorhersageparameter (VP) für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode (1001, 1002) der Batterievorrichtung (1000) anhand eines, insbesondere datengetriebenen, Vorhersagemodells ermittelt, wobei auf Basis von wenigstens den Batterieparametern (BP) als Eingangsparameter des Vorhersagemodells wenigstens eine prognostizierte Eintrittszeit von Metal-Plating als Vorhersageparameter (VP) ermittelt wird. Kontrollparameter (KP) zur Kontrolle des Ladeprozesses werden mithilfe eines ebenfalls, insbesondere datengetriebenen, Kontrollmodells ermittelt, wobei basierend auf den Messparametern (MP), den Batterieparametern (BP) und den Vorhersageparametern (VP) die Ladestromgrenze als der zumindest eine Kontrollparameter (KP) ermittelt wird und die ermittelte Ladestromgrenze zur Vorgabe des Ladestroms an ein Batterieladesystem (90) ausgegeben wird.

Verfahren und System zur Ermittlung einer Ladestromgrenze für einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterie

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Ladestromgrenze für einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung, insbesondere bei niedrigen Betriebstemperaturen. Die Erfindung betrifft zudem ein Computerprogrammprodukt zur computerbasierten Ausführung der Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens und ferner ein Kontrollsystem zur Kontrolle eines Ladeprozesses einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung. Zudem betrifft die Erfindung ein Batterieladesystem mit dem erfindungsgemäßen Kontrollsystem.

Das schnelle Aufladen von wiederaufladbaren Batterien gewinnt an zunehmender Bedeutung für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfelder. Insbesondere in der Fahrzeugindustrie soll schnelles Aufladen von Fahrzeugbatterien auch rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen das Zurücklegen weiter Distanzen ermöglichen. Hierzu soll der Ladevorgang innerhalb eines akzeptablen Zeitraums erfolgen können.

Aus dem Stand der Technik bekannte Lösungen erlauben das schnelle Aufladen von Batterien unter bestimmten Bedingungen. Eine Herausforderung beim Schnellladen von Batterien besteht u.a. darin, dass innerhalb kurzer Zeit eine hohe Ladungsmenge in der Batterie durch Ablauf von elektrochemischen Prozessen transportiert werden muss. Diese Prozesse weisen eine Temperaturabhängigkeit auf, die bei Temperaturen unter 15° Celsius und bei hohen Ladestromstärken zu einer Degradation der aufzuladenden Batterie führen kann.

Ein der Degradation zugrundeliegendes Wirkprinzip ist bei Lithium-Ionen-Batterien das sogenannte *Lithium-Plating*.

Lithium-Plating ist die Bildung von metallischem Lithium an der Anode von Lithium-Ionen-Batterien während des Ladevorgangs. Durch die Ablagerung an der Anode wird zum einen die Menge der im Elektrolyten der Batterie zur Verfügung stehenden Lithium-Ionen reduziert. Zugleich wird an der Anode eine Sperrschicht gegen die freie Diffusion der Lithium-Ionen in die Anode gebildet. Folglich können weniger

Lithium-Ionen in die Anode diffundieren und sich dort einlagern. Eine solche Einlagerung kann auch als Interkalation bezeichnet werden.

Eine Ursache für das Lithium-Plating ist, dass es bei hohen Ladeströmen an der Oberfläche der Anode zu einer Anreicherung mit Lithium-Ionen kommen kann, also mehr Lithium-Ionen an der Anode vorliegen als in dieser eingelagert werden können. Dies kann dazu führen, dass die Lithium-Ionen zu metallischem Lithium reagieren und sich an der Anode ablagern. Dieser Effekt wird durch das Vorliegen niedriger Ladetemperaturen weiter verstärkt, da hierbei die Diffusionsgeschwindigkeit der Lithium-Ionen in die Anode verlangsamt wird.

Im Stand der Technik wird zum Beispiel versucht das Problem des Lithium-Plating mittels einer Parameterüberwachung zu adressieren, wie dies zum Beispiel die US 2017/203667 A1 zeigt. So werden bestimmte Parameter der Batterie, wie deren Entladespannung, überwacht und bei Erreichen eines festgelegten Grenzwertes das Eintreten des Lithium-Plating festgestellt. Derartige Verfahren sind jedoch relativ ungenau und versuchen erst dann auf den Ladeprozess Einfluss zu nehmen, wenn Lithium-Plating bereits eingetreten ist.

Andere aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtungen adressieren das Problem des Lithium-Plating, indem bei niedrigen Temperaturen eine externe Heizung für die Batterie zugeschaltet wird, um derart den Eintritt von Lithium-Plating zu verhindern oder zumindest hinauszuzögern. Nachteilig an solchen Lösungen ist, dass das Heizen der Batterie ein relativ energieintensiver Prozess ist und somit der Ladevorgang verlängert wird. Zudem kann aufgrund der Komplexität der in der Batterie ablaufenden Prozesse durch ein pauschales Zuschalten einer Heizung kein situationsangepasster Steuerprozess des Ladevorgangs ermöglicht werden, um den Eintritt von Lithium-Plating zu verhindern oder diesem zumindest entgegenzuwirken. Ferner erfordert dieses Vorgehen eine bestimmte Restlademenge der Batterie, um das Heizen zu ermöglichen. Gerade bei besonders stark entladenen Batterien kann ein derartiges Vorgehen somit nicht ermöglicht werden, so dass entweder trotz widriger Umstände ein Schnellladen zu erfolgen hat oder ein Schnellladen nicht ermöglicht wird.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren und Systeme bereitzustellen, mittels derer ein

Ladeprozess, insbesondere ein Schnellladeprozess, bei niedrigen Betriebstemperaturen energieeffizient und unter Vermeidung von Metal-Plating gesteuert und möglichst schnell durchgeführt werden kann.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 13, ein Kontrollsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 14 sowie ein Batterieladesystem mit den Merkmalen des Anspruchs 17.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, mit dem erfindungsgemäßen Kontrollsystem sowie mit dem erfindungsgemäßen Batterieladesystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird und Bezug genommen werden kann.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Ladestromgrenze für einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung. Das Verfahren weist einen Schritt auf, in dem Messparameter an der Batterievorrichtung ermittelt werden. Dabei weisen die Messparameter wenigstens eine Betriebstemperatur, eine Batteriespannung und einen Batteriestrom der Batterievorrichtung auf. Weiterhin werden Batterieparameter aus einem physik-basierten Batteriemodell zur Abbildung von in der Batterievorrichtung ablaufenden physikalischen Prozessen ermittelt. Es werden wenigstens ein zu erwartender Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur und eine Elektrodenspannung als die Batterieparameter auf Basis der erfassten Messparameter als Eingangsparameter des Batteriemodells ermittelt. In einem weiteren Schritt werden Vorhersageparameter für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode der Batterievorrichtung aus einem, insbesondere datengetriebenen, Vorhersagemodell ermittelt. Dabei wird wenigstens eine prognostizierte Eintrittszeit von Metal-Plating auf Basis von wenigstens den ermittelten Batterieparametern als Eingangsparameter des Vorhersagemodells als die Vorhersageparameter ermittelt. Zudem wird zumindest ein Kontrollparameter zur Kontrolle eines Ladeprozesses aus einem, insbesondere datengetriebenen, Kontrollmodell ermittelt. Dabei wird basierend auf den

Messparametern, den Batterieparametern und den Vorhersageparametern als Eingangsparameter des Kontrollmodells wenigstens die Ladestromgrenze als der zumindest eine Kontrollparameter ermittelt und die ermittelte Ladestromgrenze wird ausgegeben.

Dabei kann unter *Ausgeben* insbesondere eine Bereitstellung zumindest eines Wertes verstanden werden. Darunter kann beispielsweise ein bloßes Bereitstellen zumindest eines Wertes verstanden werden, aber auch eine Ausgabe zumindest eines Wertes zur weiteren Darstellung und/oder Weiterverarbeitung, insbesondere Regelung.

Dabei bildet die ausgegebene Ladestromgrenze eine Obergrenze des Ladestroms.

Mit anderen Worten kann durch die Erfindung ein Verfahren bereitgestellt werden, mittels dessen Kontrollparameter für einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung ermittelt werden können. Bei den Kontrollparametern kann es sich insbesondere um Parameter handeln, die ein Steuern und/oder Regeln eines Batterie-Auflade-Prozesses erlauben. Eine wiederaufladbare Batterievorrichtung kann insbesondere als ein wiederaufladbarer, elektrochemischer Stromspeicher verstanden werden.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Messparameter an der Batterievorrichtung ermittelt. Die Messparameter werden insbesondere durch physikalische Messung an der Batterievorrichtung erfasst. So kann zum Beispiel die Betriebstemperatur als eine Temperatur im Inneren der Batterievorrichtung ermittelt werden. Die Betriebstemperatur kann zum Beispiel auch ein Mittelwert mehrerer Zelltemperaturen, eine Gehäusetemperatur oder Ähnliches sein. Die Batteriespannung kann zum Beispiel als Gesamtspannung an den Anschlusskontakten der Batterievorrichtung abgegriffen werden und/oder mittels Bestimmung einzelner Zellspannungen erfasst werden. Der Batteriestrom kann zum Beispiel als eine von der Batterievorrichtung momentan bereitstellbare Gesamtstromstärke verstanden werden.

Weiterhin werden Batterieparameter aus einem physik-basierten Batteriemodell zur Abbildung von in der Batterievorrichtung ablaufenden physikalischen Prozessen ermittelt. Das physik-basierte Batteriemodell kann die in der Batterievorrichtung ablaufenden physikalischen Prozesse zum Beispiel mittels Gleichungen, konstanten

Vorgaben oder anderen Zusammenhängen abbilden. Mittels der erfassten Messparameter kann dieses physik-basierte Batteriemodel Batterieparameter ermitteln, welche den Zustand der Batterievorrichtung oder den Zustand von Komponenten der Batterievorrichtung aus physikalischer Sicht charakterisieren.

Die ermittelten Betriebsparameter enthalten im Sinne der vorliegenden Erfindung zumindest einen zu erwartenden Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur und eine Elektrodenspannung. Unter dem zu erwartenden Temperaturfortschritt ist insbesondere eine Prognose des Temperaturverlaufs über einen Zeitraum in der Zukunft zu verstehen. Zum Beispiel kann die Betriebstemperatur und deren Verlauf über die kommenden 5 Sekunden als Betriebsparameter mittels des physik-basierten Batteriemodells ermittelt werden. Vorzugsweise beginnt der Zeitraum für die Prognose direkt im Anschluss an den Erfassungszeitunkt der Erfassung der Messparameter.
Bei der Elektrodenspannung kann es sich insbesondere um eine Schätzung eines momentanen Werts handeln. Jedoch ist es auch für die Elektrodenspannung vorstellbar, dass diese als prognostizierter Wert für einen Zeitraum in der Zukunft zu verstehen ist.

Die Batterieparameter werden in einem, insbesondere datengetriebenen, Vorhersagemodell verwendet, um eine prognostizierte Eintrittszeit für einen Eintritt von Metal-Plating an wenigstens einer der Elektroden der Batterievorrichtung als zu ermitteln. Die Eintrittszeit kann zum Beispiel als absolutes Datum in der Zukunft, als restliche Betriebsdauer bis zum Eintreten von Metal-Plating, als verbleibende Ladezyklen oder Ähnliches ausgebildet sein. Die prognostizierte Eintrittszeit von Metal-Plating kann dabei aus einem Vorhersagemodell auf Basis von wenigstens den ermittelten Batterieparametern und den erfassten Messparametern als Eingangsparameter des Vorhersagemodells ermittelt werden.

Dabei kann unter *Metal-Plating* insbesondere die Bildung von Metall-Ablagerungen an einer der Elektroden einer Metall-Ionen-Batterie verstanden werden. Zum Beispiel kann eine Natrium-Ablagerung in einer Natrium-Ionen-Batterie oder eine Kalzium-Ablagerung in einer Kalzium-Ionen-Batterie erfolgen.

Die Ermittlung der Vorhersageparameter erfolgt im Unterschied zu den Batterieparametern mittels eines, insbesondere datengetriebenen, Modells. Dabei kann unter einem *datengetriebenen Modell* insbesondere ein Modell verstanden

werden, bei dem Zusammenhänge zwischen Ein- und Ausgangsgrößen anhand von Daten ermittelt und/oder modelliert werden.

Zudem wird zumindest ein Kontrollparameter zur Kontrolle eines Ladeprozesses aus einem, insbesondere datengetriebenen, Kontrollmodell ermittelt. Dabei wird wenigstens die Ladestromgrenze basierend auf den Messparametern, den Batterieparametern und den Vorhersageparametern als Eingangsparameter des Kontrollmodells als der zumindest eine Kontrollparameter ermittelt.

Als eine Gewichtung im Sinne der Erfindung kann insbesondere eine Kombination der Messparameter, der Batterieparameter und der Vorhersageparameter verstanden werden, in der den jeweiligen Parametern ein Gewicht zugeordnet wird. Die Gewichte der jeweiligen Parameter können sich untereinander unterscheiden. Die Gewichte können zum Beispiel den Einfluss der einzelnen Parameter auf das Eintreten von Metal-Plating widerspiegeln.

Somit wird es möglich, den Batterieladeprozess derart zu kontrollieren, dass Metal-Plating an einer der Elektroden der Batterievorrichtung zuverlässig verhindert werden kann und zugleich der Ladeprozess nicht verlangsamt wird. Dies beruht insbesondere darauf, dass in dem Verfahren die Batterieparameter, welche für das Eintreten von Metal-Plating gute Indikatoren sind, aus Messwerten und mittels analytischer Methoden relativ genau ermittelt werden können. Gemäß der Erfindung kann trotz der hohen Komplexität der Prozesse, welche in der Batterie ablaufen, kann mit den Batterieparametern eine Vorhersage zum Eintrittszeitpunkt getroffen werden. Dies ist möglich, da die Komplexität durch ein, insbesondere datengetriebenes, Modell beherrscht wird. Die Ermittlung geeigneter Kontrollparameter unter Heranziehen des Eintrittszeitpunkts kann ebenfalls mit Zuverlässigkeit und Genauigkeit erfolgen. Dies ist möglich, obwohl ebenfalls hoch komplexen Zusammenhänge zwischen Kontrollhandlungen, wie einer Begrenzung des Ladestroms, und sich daraus ergebenden Veränderungen der elektrischen und chemischen Zustände in der Batterie bestehen. Gemäß der Erfindung wird auch hierbei die vorliegende Komplexität durch ein, insbesondere datengetriebenes, Modell beherrscht. Eine unnötige Begrenzungen des Ladestroms während einer Schnellladephase wird somit nicht mehr erforderlich. Als weiterer Vorteil ergibt sich, dass das Verfahren mit üblicher Batterieinfrastruktur umgesetzt werden kann.

Bevorzugt kann der zumindest eine Kontrollparameter zur Kontrolle für einen Ladeprozess, insbesondere für einen Schnellladeprozess bei Betriebstemperaturen unter 15° Celsius, oder 10° Celsius, oder 5° Celsius oder 0° Celsius oder -5° Celsius ermittelt werden.
Dabei kann unter *Schnellladeprozess* insbesondere ein Ladeprozess mit einer Ladeleistung von mehr als 50kW verstanden werden.

Somit kann ein Schnellladevorgang auch bei niedrigen Temperaturen vorgenommen werden. Dabei muss ein erhöhtes Risiko für den Eintritt von Metal-Plating nicht befürchtet werden, da von dem Verfahren eine entsprechend passende Begrenzung des Ladestroms bereitgestellt werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung können mehrere der Kontrollparameter zur Kontrolle des Ladeprozesses ermittelt werden, insbesondere Heizkontrollparameter zum Kontrollieren eines Heizens der Batterievorrichtung aufweisen. Insbesondere können die Kontrollparameter Heizkontrollparameter zum Kontrollieren eines Vorheizens der Batterievorrichtung aufweisen. Die Heizkontrollparameter können bevorzugt für ein interne Pulsratenheizen der Batterievorrichtung vorgesehen sein. Bevorzugt können die Heizkontrollparameter wenigstens ein Aktivieren und/oder ein Deaktivieren einer externen oder internen Heizung, ein Aktivieren des Heizens, ein Deaktivieren des Heizens, eine Vorheizzeit, eine Vorheizamplitude, eine Ladestromfrequenz, eine Pulsweite eines Heizladestroms, eine Entladestromfrequenz, eine Pulsweite des Entladestroms, eine Batteriesolltemperatur, einen Betriebstemperaturgrenzwert zum Aktivieren eines Vorheizens der Batterievorrichtung, oder einen Betriebstemperaturgrenzwert zum Deaktivieren eines Vorheizens der Batterievorrichtung aufweisen.

Zum Verhindern eines Eintritts von Metal-Plating kann somit nicht nur die Ladestromgrenze angepasst werden, sondern es wird möglich, auch aktiv auf den Ladeprozess und/oder die Batterievorrichtung einzuwirken. Hierzu kann eine interne oder externe Heizung der Batterievorrichtung aktiviert oder deaktiviert werden. Mittels der Ermittlung für den wahrscheinlichen Eintrittszeitpunkt des Metal-Plating ist es dabei möglich, die Heizung nur dann zuzuschalten, wenn diese benötigt wird. Somit kann Energie gespart werden und die Dauer des Ladeprozesses reduziert werden. Insbesondere wird es durch die Erfindung auch möglich, abzuwägen, ob

nach einem Heizen ein insgesamt höherer Ladestrom erreicht werden kann, welcher zeitliche Verluste einer initialen Vorheiz- oder Vorwärm-Phase kompensieren kann.

Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann das Batteriemodell als ein analytisches Modell zur Ermittlung eines elektrochemischen Zustands der Batterievorrichtung, ein Kalman-Filter, ein Doyle–Fuller–Newman-Modell und/oder als ein Single-Particle-Modell vorgesehen sein. Dabei kann unter einem *analytischen Modell* insbesondere ein Modell verstanden werden, bei dem Zusammenhänge zwischen Ein- und Ausgangsgrößen anhand von mathematischen Beziehungen ermittelt und/oder modelliert werden.

Die oben genannten Konfigurationen des Batteriemodells erlauben eine analytisch genaue Beschreibung eines derzeitigen und ggf. zukünftigen Zustands der Batterievorrichtung. Insbesondere lassen sich auch andere Indikatoren für ein Eintreten von Metal-Plating genauer analytisch ermitteln. Als Beispiele für derartige Indikatoren können insbesondere eine allmählich abnehmende Entladespannung, ein Anstieg eines Elektrodenwiderstands, ein Anstieg eines Elektrodenüberpotentials, oder eine Veränderungen der Elektrolytpolarisation herangezogen werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann das Kontrollmodell, das Vorhersagemodell, oder das Kontrollmodell und das Vorhersagemodell auf einer Methode maschinellen Lernens, bevorzugt auf einer Reinforcement-Learning-Methode, basieren.

Mit den oben genannten Konfigurationen können insbesondere hochkomplexe oder unbekannte Zusammenhänge durch Daten dargestellt und modellbasiert simuliert werden, so dass eine genaue Ermittlung der Kontrollparameter ermöglicht wird.

Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann die Ladestromgrenze als einer der Kontrollparameter basierend auf einer Gewichtung des Messparameters, der Batterieparameter und der Vorhersageparameter als Eingangsparameter des Kontrollmodells ermittelt werden und insbesondere kann die Gewichtung der Eingangsparameter des Kontrollmodells mittels maschinellen Lernens in wenigstens zwei Schritten ermittelt werden. So kann in einem Lernschritt eine initiale Gewichtung als die Gewichtung ermittelt werden. In einem Neubewertungsschritt kann die Gewichtung während des Ladeprozesses ermittelt werden, wobei in diesem Schritt die Gewichtung basierend auf wenigstens den Messparametern angepasst wird.

Bevorzugt kann die Gewichtung in dem Neubewertungsschritt kontinuierlich angepasst werden.

Alternativ oder zusätzlich kann eine Gewichtung der Eingangsparameter des Vorhersagemodells mittels maschinellen Lernens in wenigstens zwei Schritten ermittelt werden. So kann in einem Lernschritt eine initiale Gewichtung als die Gewichtung ermittelt werden und in einem Neubewertungsschritt die Gewichtung während des Ladeprozesses ermittelt werden, in dem die Gewichtung basierend auf wenigstens den Messparametern angepasst werden kann. Bevorzugt kann die Gewichtung in dem Neubewertungsschritt kontinuierlich angepasst werden.

Somit wird es möglich, die jeweiligen, insbesondere datengetriebenen, Modelle initial durch Bestückung mit Daten zu trainieren und die so ermittelten Gewichtungen zu validieren. Derart kann das Verfahren mit hoher Genauigkeit und angepasst an den jeweiligen Prozess oder an das jeweilige Batteriemodell bereitgestellt werden. Aufgrund der Konfiguration, gemäß der die Gewichtung laufend angepasst werden kann, ist ein kontinuierliches Lernen der, insbesondere datengetriebenen, Modelle möglich. Dadurch können auch unvermeidbare Alterungsprozesse der Batterievorrichtung oder auch Veränderungen aufgrund von Beschädigungen berücksichtigt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Gewichtung der Eingangsparameter des Kontrollmodells ferner ermittelt werden aus einer zeitlich veränderlichen Priorisierung der Eingangsparameter und einer zeitlich veränderlichen Priorisierung der ausgegebenen Kontrollparameter. Bevorzugt kann die Priorisierung der Eingangsparameter des Kontrollmodells zur Bewertung eines Risikos für den Eintritt von Metal-Plating erfolgen. Die Priorisierung der ausgegebenen Kontrollparameter kann bevorzugt zur Bewertung der Gegensteuerbarkeit des Eintritts von Metal-Plating mit den jeweiligen Kontrollparametern erfolgen. Eine Priorisierung kann dabei jeweils ermittelt werden auf einem Vergleich von momentanen Werten von wenigstens den Messparametern und/oder den Batterieparametern mit dazu relativ historischen Werten der ausgegebenen Kontrollparameter.

Somit kann von dem Modell nicht nur ein Zusammenhang zwischen Ausgabewerten und Eingabewerten, sondern auch deren Wichtigkeit zueinander berücksichtigt und

erlernt werden. Somit kann das Steuerverhalten optimiert und möglichst als Kompromiss zwischen sich widerstreitenden Anforderungen ermittelt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung können die Messparameter ferner wenigstens eine Zellenspannung einer oder mehrerer Zellen der Batterievorrichtung als die Batteriespannung, einen auftretenden Ladestrom, oder mehrere lokal unterschiedliche Betriebstemperaturen aufweisen.

Durch eine messtechnische Erfassung weiterer physikalischer Parameter der Batterievorrichtung kann die Genauigkeit der Modellergebnisse und damit der ermittelten Kontrollparameter weiter erhöht werden. Ferner kann der Einfluss von Messungenauigkeiten oder Ausreißern in den Messdaten verringert werden.

Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung können die Batterieparameter ferner wenigstens einen Ladezustand der Batterievorrichtung, ein Elektroden-Überpotential, oder einen Gesundheitszustand der Batterievorrichtung aufweisen.

Der zu erwartende Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur kann bevorzugt einen zukünftigen zeitlichen Verlauf einer Betriebstemperatur an einem oder unterschiedlichen Abschnitten der Batterievorrichtung aufweisen.

Somit können weitere Indikatoren für den Eintritt von Metal-Plating ermittelt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung können die Vorhersageparameter ferner eine prognostizierte Restladezeit aufweisen.

Somit können weitere Informationen zur Steuerung des Ladeprozesses ermittelt werden, die von dem Kontrollmodell und/oder auch von einem Benutzer des Verfahrens verwendet werden können.

Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung können die Kontrollparameter ferner wenigstens ein Aktivieren des Ladeprozesses, ein Deaktivieren des Ladeprozesses, eine Pulsweite eines Ladestroms, oder eine Dauer eines Ladestroms aufweisen.

Durch die zusätzliche Ermittlung von weiteren Kontrollparametern wird es möglich, zusätzlich auf andere Weise Einfluss auf den Ladeprozess zu nehmen. Somit wird eine Möglichkeit bereitgestellt, einem Eintritt von Metal-Plating mit anderen Maßnahmen als mit einer Ladestrombegrenzung oder durch Aufheizen der Batterievorrichtung entgegenzuwirken.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann das Batteriemodell ein Batterietemperaturmodell zur Abbildung eines zeitlichen Fortschritts und/oder eines lokalen Profils der wenigstens einen Betriebstemperatur der Batterievorrichtung aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann das Batteriemodell ein Batteriezustandsmodell zur bevorzugt numerischen Abbildung chemischer und/oder elektrischer Prozesse in der Batterievorrichtung aufweisen. Dabei kann bevorzugt das Batteriezustandsmodell wenigstens eine initiale Ionenkonzentration in einem Elektrolyten der Batterievorrichtung, eine Diffusionsrate von Ionen in eine der Elektroden, einen Reaktionskoeffizienten der in der Batterievorrichtung ablaufenden chemischen Reaktionen, oder eine elektrische Leitfähigkeit eines in der Batterievorrichtung vorgesehenen Elektrolyten als die Eingangsparameter aufweisen.

Somit kann die Genauigkeit der analytisch ermittelten Batterieparameter erhöht werden, so dass insgesamt eine Verbesserung der Ermittlung der Kontrollparameter erreicht werden kann.

Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann die Batterievorrichtung eine Lithium-Ionen Batterie mit bevorzugt einer oder mehreren Batteriezellen sein. Somit kann als das Metal-Plating zum Beispiel ein Lithium-Plating auftreten. Die Elektrode kann eine Anode sein. Bei der Elektrodenspannung kann es sich um eine Anodenspannung handeln. Bevorzugt kann die Anode Graphit und/oder Metall aufweisen.

Somit kann eine Ermittlung der Ladestromgrenze für Lithium-Ionen-Batterien bereitgestellt werden.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Computerprogrammprodukt, welches Befehle aufweist, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer selbigen veranlassen, einen oder mehrere der oben beschriebenen Schritte des Verfahrens auszuführen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Kontrollsystem zur Ermittlung einer Ladestromgrenze einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung. Das Kontrollsystem weist ein Messmodul zum Erfassen von Messparametern an der Batterievorrichtung auf. Die Messparameter weisen dabei wenigstens eine Betriebstemperatur, eine Batteriespannung und einen Batteriestrom der Batterievorrichtung auf. Das Kontrollsystem weist ferner ein Batteriezustandsmodul

zum Ermitteln von Batterieparametern aus einem physik-basierten Batteriemodell zur Abbildung von in der Batterievorrichtung ablaufenden physikalischen Prozessen auf. Das Batteriemodell weist dabei als Eingangsparameter wenigstens die Messparameter auf. Als die Batterieparameter finden sich wenigstens ein zu erwartender Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur und eine Elektrodenspannung. Das Kontrollsystem weist zudem ein Vorhersagemodul zum Ermitteln von Vorhersageparametern für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode der Batterievorrichtung aus einem, insbesondere datengetriebenen, Vorhersagemodell auf. Dabei weist das Vorhersagemodell wenigstens die Batterieparameter als Eingangsparameter auf. Die Vorhersageparameter weisen wenigstens eine vorhergesagte Eintrittszeit für das Metal-Plating auf. Das Kontrollsystem weist ferner ein Kontrollermittlungsmodul zum Ermitteln von mindestens einem Kontrollparameter zur Kontrolle des Ladeprozesses aus einem, insbesondere datengetriebenen, Kontrollmodell auf. Dabei weist das Kontrollmodell die Messparameter, die Batterieparameter und die Vorhersageparameter als Eingangsparameter auf, wobei der mindestens eine Kontrollparameter insbesondere auf einer Gewichtung dieser Eingangsparameter basiert. Die mindestens eine Kontrollparameter weist wenigstens eine Ladestromgrenze auf. Die Ladestromgrenze kann als zeitlicher Verlauf ermittelt werden. Das Kontrollsystem weist zudem ein Ausgabemodul zur Ausgabe der ermittelten Ladestromgrenze, um insbesondere basierend auf dem zumindest einen Kontrollparameter den Ladeprozess zu kontrollieren.

Bevorzugt kann das Messmodul wenigstens einen Stromsensor, einen Spannungssensor und/oder einen Temperatursensor aufweisen.

Mit dem Kontrollsystem und dem Computerprogrammprodukt können dieselben technischen Effekte und Vorteile erreicht werden, die bereits für das vorgenannte Verfahren beschrieben wurden. Insbesondere können die Kontrollparameter für einen Schnellladeprozess einer Batterievorrichtung bei niedrigen Temperaturen präzise ermittelt werden. Ferner wird eine genaue Steuerung des Ladevorgangs ermöglicht.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung können das Messmodul und/oder das Batteriezustandsmodul auf einer ersten Recheneinheit vorgesehen sein. So kann oder können zum Beispiel das Messmodul und/oder das Batteriezustandsmodul auf

einer Batteriesteuereinheit der Batterievorrichtung vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich kann das Vorhersagemodul und/oder das Kontrollermittlungsmodul auf einer zweiten Recheneinheit vorgesehen sein. Bevorzugt kann dabei die zweite Recheneinheit von der ersten Recheneinheit verschieden vorgesehen sein. So kann oder können das Vorhersagemodul und/oder das Kontrollermittlungsmodul zum Beispiel auf einem externen Server oder Cloud-Server vorgesehen sein.

Somit wird es zum Beispiel möglich, die Messdatenerhebung und deren Verarbeitung unmittelbar auf dem Batteriesteuergerät eines Batteriemoduls umzusetzen. Hierdurch können zum Beispiel die Messparameter verarbeitet werden. Hingegen können die, insbesondere datengetriebenen, Modelle auf einem externen Rechner, welcher eine höhere Rechnerleistung aufweisen kann, betrieben werden. Derart kann eine Erhöhung der Geschwindigkeit der -Ermittlung der Ladestromgrenze erzielt werden. Derart ist es zum Beispiel möglich, das Kontrollsystem als echtzeitfähiges System vorzusehen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Batterieladesystem. Das Batterieladesystem weist eine wiederaufladbare Batterievorrichtung mit wenigstens einer Batteriezelle auf. Das Batterieladesystem weist zudem Ladeanschlüsse zum Koppeln von Elektroden der Batterievorrichtung mit einer elektrische Ladevorrichtung auf, um die Batterievorrichtung mit einem Ladestrom elektrisch zu laden. Ferner weist das Batterieladesystem das vorgenannte Kontrollsystem auf. Dabei wird die ausgegebene Ladestromgrenze als eine Obergrenze des Ladestroms von dem Kontrollsystem vorgegeben.

Mit dem vorgenannten Batterieladesystem können dieselben technischen Effekte und Vorteile erreicht werden, die bereits für das vorgenannte Verfahren, das vorgenannte Computerprogrammprodukt und das vorgenannte Kontrollsystem beschrieben wurden. Insbesondere kann ein Schnellladeprozess einer Batterievorrichtung bei niedrigen Temperaturen präzise gesteuert werden und dabei das Risiko für das Eintreten von Metal-Plating reduziert werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben werden.

Es zeigen schematisch:

Fig. 1 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine Ausführungsform eines Kontrollsystems gemäß der Erfindung,

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform eines Kontrollsystems gemäß der Erfindung,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines Kontrollsystems gemäß der Erfindung,

Fig. 5 eine Ausführungsform eines Batterieladesystems gemäß der Erfindung.

Figur 1 zeigt exemplarisch Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens 100, aus der auch beispielhaft eine Abfolge von Befehlen eines erfindungsgemäßen Computerprogrammproduktes ableitbar ist. Die Figuren 2 bis 5 zeigen jeweils exemplarisch unterschiedliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Kontrollsystems 10. Figur 5 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Batterieladesystems 90.

Das Verfahren 100 in Figur 1 ist dazu ausgelegt, eine Ladestromgrenze zur Einflussnahme auf einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung 1000 zu ermitteln, und weist hierzu eine Reihe von Schritten auf, welche iterativ während eines Ladeprozesses durchlaufen werden können. Bevorzugt können die Schritte ferner wiederholt und kontinuierlich durchlaufen werden. Somit kann sich der Wert der Ladestromgrenze in der nächsten Iteration ändern oder gleichbleiben.

So wird ein Messschritt S20 durchlaufen, in dem Messparameter MP an der Batterievorrichtung 1000 ermittelt werden. Die Messparameter MP umfassen zumindest eine Betriebstemperatur, eine Batteriespannung und einen Batteriestrom der Batterievorrichtung 1000.

Ferner wird ein Batteriezustandsermittlungsschritt S30 durchlaufen, in dem Batterieparameter BP aus einem physik-basierten Batteriemodell ermittelt werden. Das physik-basierte Batteriemodell ist dabei zur Abbildung von physikalischen Prozessen, welche in der Batterievorrichtung 1000 ablaufen ausgebildet. Die Batterieparameter BP umfassen einen zu erwartenden Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur und eine Elektrodenspannung der Batterievorrichtung 1000.

In einem Vorhersageschritt S40 werden Vorhersageparameter VP für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode 1001, 1002 der Batterievorrichtung 1000 aus einem, insbesondere datengetriebenen, Vorhersagemodell ermittelt. Die Vorhersageparameter VP umfassen dabei wenigstens eine vorhergesagte Eintrittszeit für das Metal-Plating an einer Elektrode der Batterievorrichtung 1000 und werden auf der Basis von wenigstens den Batterieparametern BP als Eingangsparameter des Vorhersagemodells ermittelt.

In einem Kontrollermittlungsschritt S50 werden die gesuchten Kontrollparametern KP zur Kontrolle des Ladeprozesses aus einem, insbesondere datengetriebenen, Kontrollmodell ermittelt. Die Kontrollparameter KP umfassen wenigstens eine Ladestromgrenze. Die Kontrollparameter werden basierend auf einer Gewichtung der Messparameter MP, der Batterieparameter BP und der Vorhersageparameter VP als Eingangsparameter des Kontrollmodells mit dem Kontrollmodell ermittelt.

In einem Ausgabeschritt S60 wird die so ermittelten Ladestromgrenze zur Kontrolle des Ladeprozesses ausgegeben.

Anders als das Batteriemodell, handelt es sich bei dem Vorhersagemodell und dem Kontrollmodell um ein, insbesondere datengetriebenes, Modell und nicht um ein analytisches Modell. Das Vorhersagemodell kann beispielsweise als künstliches neuronales Netzwerk, als ein Markov-Modell, als logistische Regression oder als ein Entscheidungsbaum-basierter Algorithmus ausgestaltet sein. Hierbei kann eine Eingabeschicht, in der jedes Neuron die Eingangsmerkmale repräsentiert, vorgesehen sein. Ferner können Zwischenschichten und eine Ausgabeschicht mit Ausgabemerkmalen vorgesehen sein. Die einzelnen Schichten können über Gewichtungen und Eingabematrizen miteinander verbunden sein.

Die Eingangsmerkmale des Vorhersagemodells können zum Beispiel eine Anoden-Überspannung, ein Gesundheitszustand der Batterievorrichtung 1000, eine Zellspannung oder Temperaturen, die zu verschiedenen Segmenten der Batteriezelle 1003 gehören, sein. Die Ausgabemerkmale des Vorhersagemodells können eine geschätzte Ladedauer oder die prognostizierte Eintrittszeit bis zu einem Metal-Plating Ereignis sein. So kann das Vorhersagemodell zum Beispiel als die prognostizierte Eintrittszeit ausgeben, dass innerhalb der nächsten 30 Sekunden ein Einsetzen von Metal-Plating zu erwarten ist.

Das Kontrollmodell kann bevorzugt einen Regler für die Betriebstemperatur der Batterievorrichtung 1000 und den Ladestrom simulieren. So kann aus dem Kontrollmodell zum Beispiel für eine Vorheizphase der Batterievorrichtung 1000 eine passende Konfiguration des Heizens ermittelt werden. So können zum Beispiel einzustellende Lade- und Entladeimpulsen und deren Impulsfrequenz ermittelt werden.

Bevorzugt kann das Kontrollmodell auf reinforcement learning basieren. Die sich beim Ladeprozess stellenden Anforderungen können zum Beispiel als ein Markov-Entscheidungsprozess definiert werden. Ein Markov-Entscheidungsprozess umfasst dabei als Bestandteile eine Umgebung, Zustände der Umgebung und ausführbare Aktionen, zwischen denen ausgewählt werden kann. Im vorliegenden Fall können zum Beispiel Vorheizen und kurze Aufladezeiten der Batterievorrichtung 1000 als Bestandteil einer Markov-Umgebung definiert werden. Als Zustände der Umgebung können die Ladezeit und die Vorhersage für den Eintritt von Metal-Plating definiert werden. Als ausführbare Aktionen können die Manipulation des Vorheizens, die Konfiguration der Lade- und Entladeimpulse, und die Ladestromgrenze definiert werden. Dabei kann als eine Aktion zum Beispiel ein zuletzt angenommener Wert entweder gleich gehalten, verringert oder erhöht werden. Bevorzugt ist das Kontrollmodell derart ausgestaltet, dass die Wahl der Aktionen nicht auf Zufall basiert, die Wahl also deterministisch ist.

In einem Trainingsschritt S41, S51 können zum Beispiel die Gewichtungen oder sonstigen Parameter für die, insbesondere datengetriebenen, Modelle mit einer ausreichenden Menge an Trainingsdatensätzen ermittelt werden. Die so ermittelten und antrainierten Gewichtungen oder Parameter können mit einem Validierungsdatensatz validiert werden. Dabei ist es bevorzugt, dass die Trainings- und Validierungsdatensätze aus realen Versuchsumgebungen stammen. Der Trainingsschritt kann als abgeschlossen betrachtet werden, wenn sich die Genauigkeit der Gewichtungen oder der sonstigen Parameter nur noch erhöht. Alternativ kann der Trainingsschritt als abgeschlossen betrachtet werden, wenn der absolute Fehler zwischen den Validierungsdatensätzen und den aus den, insbesondere datengetriebenen, Modellen berechneten Datensätzen ausreichend verringert wurde.

Ein kontinuierliches Lernen und dynamisches Anpassen der Gewichtungen kann zum Beispiel in einem Neubewertungsschritt S42, S52 erreicht werden. Hierbei werden zum Beispiel zurückliegende Daten und Parameter analysiert und in Bezug mit den Ausgabenwerten des Vorhersagemodells oder des Kontrollmodells gesetzt.

Figur 2 zeigt ein Beispiel für das Kontrollsystem 10. Das Kontrollsystem 10 ist zur Kontrolle eines Schnellladeprozesses einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung, wie der vorgenannten Batterievorrichtung 1000, geeignet und dafür ausgelegt.

Die Batterievorrichtung 1000 kann insbesondere eine Lithium-Ionen-Batterie sein. Die Batterievorrichtung 1000 ist exemplarisch in Figur 4 dargestellt.

Die Batterievorrichtung 1000 kann eine oder mehrere Batteriezellen 1003 aufweisen. Das Spannungspotential der Batteriezellen 1003 kann reversibel anpassbar sein. Die einzelnen Batteriezellen 1003 können als eine Spannungs- und/oder Stromquelle zusammengeschaltet sein. Die Batterievorrichtung 1000 kann zwei Elektroden 1001, 1002 zur Leistungsabgabe oder Leistungsaufnahme aufweisen. Ferner ist es auch vorstellbar, dass die Batterievorrichtung 1000 weitere Elektroden für Potential- und Strom-Messungen aufweist. Es ist ferner auch vorstellbar, dass die Batterievorrichtung 1000 Teil des Kontrollsystems 10 sein kann.

Wie in Figur 2 ferner gezeigt, weist das Kontrollsystem 10 ein Messmodul 20 zum Erfassen von den Messparametern MP an der Batterievorrichtung 1000 auf. Hierzu kann das Messmodul 20 oder die Batterievorrichtung 1000 Sensoren aufweisen, welche zur Erfassung der Messparameter geeignet sind. Weitere Details zu den Sensoren werden in der im Weiteren folgenden Beschreibung zu der Figur 4 beschrieben.

Wie in Figur 2 ferner gezeigt, weist das Kontrollsystem 10 ferner ein Batteriezustandsmodul 30 zum Ermitteln von den Batterieparametern BP auf. Hierzu weist das Batteriezustandsmodul 30 ein physik-basiertes Batteriemodell auf. Mit dem physik-basierten Batteriemodell können zum Beispiel in der Batterievorrichtung 1000 ablaufende physikalische Prozesse formelmäßig beschrieben und zahlenmäßig ausgedrückt werden. Aus Figur 2 wird deutlich, dass das Batteriemodell als Eingangsparameter zumindest die Messparameter MP und als Ausgangsparameter die Batterieparameter BP aufweist.

Das Batteriezustandsmodul 30 und das Messmodul 20 können beide jeweils auf einer ersten Recheneinheit 11 vorgesehen sein. Die erste Recheneinheit 11 kann zum Beispiel eine Batteriekontrolleinheit sein.

Wie in Figur 2 ferner gezeigt, weist das Kontrollsystem 10 zudem ein Vorhersagemodul 40 zum Ermitteln von Vorhersageparametern VP für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode 1001, 1002 der Batterievorrichtung 1000 aus einem, insbesondere datengetriebenen, Vorhersagemodell auf. Aus Figur 2 wird deutlich, dass das Vorhersagemodell als Eingangsparameter neben den Batterieparameter BP auch die Messparameter MP aufweisen kann. Es ist auch vorstellbar, nur die Messparameter MP als Eingangsparameter des Vorhersagemodells zu verwenden.

Wie in Figur 2 ferner gezeigt, weist das Kontrollsystem 10 ein Kontrollermittlungsmodul 50 zum Ermitteln von den Kontrollparametern KP zur Kontrolle des Ladeprozesses mit einem, insbesondere datengetriebenen, Kontrollmodell auf. Figur 2 zeigt beispielhaft, dass das Kontrollmodell die Messparameter MP, die Batterieparameter BP und die Vorhersageparameter VP als Eingangsparameter aufweist. Von dem Kontrollermittlungsmodul 50 wird eine Gewichtung dieser Eingangsparameter vorgenommen, um damit den zumindest einen Kontrollparameter KP zu ermitteln.

Wie in Figur 2 ferner gezeigt, weist das Kontrollsystem 10 ein Ausgabemodul 60 zur Ausgabe des zumindest einen Kontrollparameter KP auf, um basierend auf dem zumindest einen Kontrollparameter KP den Ladeprozesses zu kontrollieren. Das Ausgabemodul 60 kann als eine Datenschnittstelle oder ein Datenbus zur Übermittlung von Daten an andere, Kontrollsystem-fremde Geräte ausgebildet sein. Derartige andere Geräte können zum Beispiel die Batterievorrichtung 1000 oder eine externe Batterieladevorrichtung sein.

Das Vorhersagemodul 40, das Kontrollermittlungsmodul 50 und/oder das Ausgabemodul 60 können jeweils auf einer zweiten Recheneinheit 12 vorgesehen sein. Bevorzugt kann die zweite Recheneinheit 12 ein Cloud-Server sein.

Figur 3 zeigt das Kontrollsystem 10 mit einer Konfiguration, welcher Figur 2 ähnlich ist. Auf Gemeinsamkeiten der Ausführungsformen wird daher nachfolgend nicht eingegangen.

Figur 3 offenbart eine bevorzugte Ausgestaltung des Batteriezustandsmoduls 30. Das in Figur 3 exemplarisch dargestellte Batteriezustandsmodul 30 weist dabei als das Batteriemodell ein Batterietemperaturmodell 31 und ein Batteriezustandsmodell 32 auf.

So kann mit dem Batterietemperaturmodell 31 ein zu erwartender zeitlicher Fortschritt einer Temperatur der Batterievorrichtung 1000 als Temperaturparameter TP ermittelt werden. Ferner kann ein lokales Profil einer Temperatur der Batterievorrichtung 1000 als weiterer Bestandteil der Temperaturparameter TP analytisch ermittelt werden.

Mit dem Batteriezustandsmodell 32 können chemische und/oder elektrischer Prozesse in der Batterievorrichtung 1000 simuliert und als Batteriezustandsparameter BSP ausgegeben werden. Hierbei kann das Batteriezustandsmodell 32 auch noch andere Parameter als die Messparameter MP in Betracht ziehen, wie eine initiale Ionenkonzentration oder eine Diffusionsrate von Ionen der Batterievorrichtung 1000.

Die Batteriezustandsparameter BSP und die Temperaturparameter TP können mittels eines Signalverbinders 34 von dem Batteriezustandsmodul 30 als die Batterieparameter BP ausgegeben werden.

Figur 4 zeigt das Kontrollsystem 10 mit einer Konfiguration wie die der Figur 2 und Figur 3. Auf Gemeinsamkeiten der Ausführungsformen wird daher nachfolgend nicht eingegangen.

Jedoch offenbart Figur 4 eine bevorzugte Ausgestaltung des Messmoduls 20.

Figur 4 zeigt das Kontrollsystem 10 mit dem Messmodul 20, welches zum Erfassen von den Messparametern MP an der Batterievorrichtung 1000 mehrere Sensoren aufweist. Alternativ ist es auch vorstellbar, dass insbesondere die Batterievorrichtung 1000 derartige Sensoren aufweist. In Figur 4 ist exemplarisch dargestellt, dass die Zellenspannung jeder der Batteriezellen 1003 von einem Spannungssensor 21 ermittelt wird. Mittels mehrerer verteilt angeordneter Temperatursensor 22 kann ein lokales Temperaturprofil der Betriebstemperatur der Batterievorrichtung 1000 erfasst werden. Der von der Batterievorrichtung 1000 abgegebene oder zum Aufladen aufgenommene Batteriestrom kann mittels des Stromsensors 23 von dem Messmodul 20 erfasst werden.

Die Batterievorrichtung 1000, die Sensoren 21, 22, 23 und die erste Recheneinheit 11, welche das Messmodul 20 und das Batteriezustandsmodul 30 aufweisen kann, können als eine bauliche Einheit bereitgestellt sein und derart zum Beispiel ein Batteriemodul 1100 bilden.

Ferner offenbart Figur 4 eine bevorzugte Ausgestaltung, in der das Vorhersagemodul 40, das Kontrollermittlungsmodul 50 und das Ausgabemodul 60 vollständig in der zweiten Recheneinheit 12 enthalten sind. Entsprechend sind das Vorhersagemodul 40, das Kontrollermittlungsmodul 50 und das Ausgabemodul 60 nicht separat in Figur 4 gezeigt.

Figur 5 zeigt das Batterieladesystem 90. Dieses weist die Batterievorrichtung 1000 mit wenigstens einer der vorgenannten Batteriezellen 1003 sowie das Kontrollsystem 10 auf. Ferner ist in Figur 5 exemplarisch eine elektrische Ladevorrichtung 1200 gezeigt, welche über elektrische Leitungen mit Ladeanschlüssen des Batterieladesystems 90 mit den Elektroden der Batterievorrichtung 1000 verbunden sind, um die Batterievorrichtung 1000 mit einem Ladestrom elektrisch zu laden. Die Ladevorrichtung 1200 kann Bestandteil des Batterieladesystems 90 sein. Die von dem Kontrollsystem 10 ermittelte und ausgegebene Ladestromgrenze als der zumindest eine Kontrollparameter KP wird der Batterievorrichtung 1000 oder der Ladevorrichtung 1200 als eine Obergrenze des Ladestroms von dem Kontrollsystem 10 vorgegeben.

Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10	Kontrollsystem
11	erste Recheneinheit, Batteriekontrolleinheit
12	zweite Recheneinheit, Cloud-Server
20	Messmodul
21	Spannungssensor
22	Temperatursensor
23	Stromsensor
30	Batteriezustandsmodul
31	Batterietemperaturmodell
32	Batteriezustandsmodell
34	Signalverbinder
40	Vorhersagemodul
50	Kontrollermittlungsmodul
60	Ausgabemodul
90	Batterieladesystem
100	Verfahren
1000	Batterievorrichtung
1001, 1002	Elektrode
1003	Batteriezelle
1100	Batteriemodul
1200	Ladevorrichtung
KP	Kontrollparameter
MP	Messparameter

BP	Batterieparameter
TP	Temperaturparameter
BSP	Batteriezustandsparameter
VP	Vorhersageparameter

S20	Messschritt
S30	Batteriezustandsermittlungsschritt
S40	Vorhersageschritt
S50	Kontrollermittlungsschritt
S60	Ausgabeschritt
S41, S51	Lernschritt
S42, S52	Neubewertungsschritt

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Ermittlung einer Ladestromgrenze für einen Ladeprozess einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung (1000), aufweisend die Schritte:

- Erfassen von Messparametern (MP) an der Batterievorrichtung (1000), wobei die Messparameter (MP) wenigstens eine Betriebstemperatur, eine Batteriespannung und einen Batteriestrom der Batterievorrichtung (1000) aufweisen;

gekennzeichnet durch

- Ermitteln von Batterieparametern (BP) aus einem physik-basierten Batteriemodell zur Abbildung von in der Batterievorrichtung (1000) ablaufenden physikalischen Prozessen, wobei auf Basis der erfassten Messparameter (MP) als Eingangsparameter des Batteriemodells wenigstens ein zu erwartender Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur und eine Elektrodenspannung als die Batterieparameter (BP) ermittelt werden;

- Ermitteln von Vorhersageparametern (VP) für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode (1001, 1002) der Batterievorrichtung (1000) aus einem Vorhersagemodell, wobei auf Basis von wenigstens den ermittelten Batterieparametern (BP) als Eingangsparameter des Vorhersagemodells wenigstens eine prognostizierte Eintrittszeit von Metal-Plating als die Vorhersageparameter (VP) ermittelt wird;

- Ermitteln von zumindest einem Kontrollparameter (KP) zur Kontrolle eines Ladeprozesses aus einem Kontrollmodell, wobei basierend auf den Messparametern (MP), den Batterieparametern (BP) und den Vorhersageparametern (VP) als Eingangsparameter des Kontrollmodells wenigstens die Ladestromgrenze als der zumindest eine Kontrollparameter (KP) ermittelt wird; und

- Ausgeben der ermittelten Ladestromgrenze.

2. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, wobei die prognostizierte Eintrittszeit von Metal-Plating aus einem Vorhersagemodell auf Basis von wenigstens den ermittelten Batterieparametern (BP) und den erfassten Messparametern (MP) als Eingangsparameter des Vorhersagemodells ermittelt wird.

3. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Ladestromgrenze als zeitlicher Verlauf ermittelt wird.

4. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zumindest eine Kontrollparameter (KP) zur Kontrolle für einen Ladeprozesses, insbesondere für einen Schnellladeprozess, bei Betriebstemperaturen von unter 15° Celsius, oder 10° Celsius, oder 5° Celsius, oder 0° Celsius, oder -5° Celsius ermittelt werden.

5. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere Kontrollparameter (KP) zur Kontrolle des Ladeprozesses ermittelt werden, insbesondere die Kontrollparameter (KP) ferner Heizkontrollparameter zum Kontrollieren eines Heizens, bevorzugt Vorheizens, der Batterievorrichtung (1000), bevorzugt mittels internen Pulsratenheizens, aufweisen.

6. Verfahren (100) gemäß Anspruch 5, wobei die Heizkontrollparameter wenigstens ein Aktivieren einer externen oder internen Heizung, ein Deaktivieren einer externen oder internen Heizung, ein Aktivieren des Heizens, ein Deaktivieren des Heizens, eine Vorheizzeit, eine Vorheizamplitude, eine Ladestromfrequenz, eine Pulsweite eines Heizladestroms, eine Entladestromfrequenz, eine Pulsweite des Entladestroms, eine Batteriesolltemperatur, einen Betriebstemperaturgrenzwert zum Aktivieren eines Vorheizens der Batterievorrichtung (1000), oder einen Betriebstemperaturgrenzwert zum Deaktivieren eines Vorheizens der Batterievorrichtung (1000) aufweist.

7. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kontrollmodell und/oder das Vorhersagemodell auf einer Methode maschinellen Lernens, bevorzugt auf einer Reinforcement-Learning-Methode, basiert und/oder ein künstliches neuronales Netzwerk aufweist, und/oder wobei das Batteriemodell als wenigstens ein analytisches Modell zur Ermittlung eines elektrochemischen Zustands der Batterievorrichtung (1000), ein Kalman-Filter, ein Doyle–Fuller–Newman-Modell oder ein Single-Particle-Modell vorgesehen ist.

8. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ladestromgrenze als einer der Kontrollparameter (KP) basierend auf einer Gewichtung der Messparameter (MP), der Batterieparameter (BP) und der Vorhersageparameter (VP) als Eingangsparameter des Kontrollmodells ermittelt wird und insbesondere die Gewichtung der Eingangsparameter des Kontrollmodells und/oder eine weitere Gewichtung der Eingangsparameter des Vorhersagemodells mittels maschinellen Lernens in wenigstens zwei Schritten ermittelt wird, welche aufweisen:

- einen Lernschritt (S41, S51), in dem eine initiale Gewichtung als die Gewichtung ermittelt wird, und

- einen Neubewertungsschritt (S42, S52) während des Ladeprozesses, in dem die Gewichtung basierend auf wenigstens den Messparametern (MP) bevorzugt kontinuierlich angepasst wird.

9. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Gewichtung der Eingangsparameter des Kontrollmodells ermittelt wird aus

- einer zeitlich veränderlichen Priorisierung der Eingangsparameter des Kontrollmodells, bevorzugt zur Bewertung eines Risikos für den Eintritt von Metal-Plating, und

- einer zeitlich veränderlichen Priorisierung der ausgegebenen Kontrollparameter (KP), bevorzugt zur Bewertung der Gegensteuerbarkeit des Eintritts von Metal-Plating mit den jeweiligen Kontrollparametern (KP),

wobei bevorzugt die Priorisierung jeweils ermittelt wird aus einem Vergleich von momentanen Werten von wenigstens den Messparametern (MP) und/oder den Batterieparametern (BP) mit dazu relativ historischen Werten der ausgegebenen Kontrollparameter (KP).

10. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Messparameter (MP) ferner wenigstens eine Zellenspannung einer oder mehrerer Zellen der Batterievorrichtung (1000) als die Batteriespannung, ein auftretender Ladestrom, oder mehrere lokal unterschiedliche Betriebstemperaturen aufweisen, und/oder

- die Batterieparameter (BP) ferner wenigstens ein Elektroden-Überpotential, ein Gesundheitszustand der Batterievorrichtung (1000), oder ein Ladezustand der Batterievorrichtung (1000) aufweisen, wobei bevorzugt der zu erwartende Temperaturfortschritt einen zukünftigen zeitlichen Verlauf einer Betriebstemperatur an einem oder unterschiedlichen Abschnitten der Batterievorrichtung (1000) aufweist, und/oder

- die Vorhersageparameter (VP) ferner eine prognostizierte Restladezeit aufweisen, und/oder

- die Kontrollparameter (KP) ferner wenigstens ein Aktivieren des Ladeprozesses, ein Deaktivieren des Ladeprozesses, eine Pulsweite eines Ladestroms, oder eine Dauer eines Ladestroms aufweisen.

11. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Batteriemodell aufweist

- ein Batterietemperaturmodell (31) zur Abbildung eines zeitlichen Fortschritts und/oder eines lokalen Profils der wenigstens einen Betriebstemperatur der Batterievorrichtung (1000), und

- ein Batteriezustandsmodell (32) zur numerischen Abbildung chemischer und/oder elektrischer Prozesse in der Batterievorrichtung (1000), wobei das Batteriezustandsmodell (32) bevorzugt ferner wenigstens eine elektrische Leitfähigkeit eines in der Batterievorrichtung (1000) vorgesehenen Elektrolyten, eine initiale Ionenkonzentration in einem in der Batterievorrichtung (1000) vorgesehenen Elektrolyten, eine Diffusionsrate von Ionen in eine der Elektroden (1001, 1002), oder einen Reaktionskoeffizienten der in der Batterievorrichtung (1000) ablaufenden chemischen Reaktionen als Eingangsparameter aufweist.

12. Verfahren (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Batterievorrichtung (1000) eine Lithium-Ionen Batterie mit bevorzugt einer oder mehreren Batteriezellen (1003) ist, wobei das Metal-Plating ein Lithium-Plating ist, und wobei die Elektrode (1001, 1002) eine Anode ist und die Elektrodenspannung eine Anodenspannung ist, wobei die Anode bevorzugt Graphit und/oder Metall aufweist.

13. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, die Schritte des Verfahrens (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12 auszuführen.

14. Kontrollsystem(10) zur Ermittlung einer Ladestromgrenze einer wiederaufladbaren Batterievorrichtung (1000), aufweisend

- ein Messmodul (20) zum Erfassen von Messparametern (MP) an der Batterievorrichtung (1000), wobei die Messparameter (MP) wenigstens

eine Betriebstemperatur, eine Batteriespannung und einen Batteriestrom der Batterievorrichtung (1000) aufweisen;

gekennzeichnet durch

- ein Batteriezustandsmodul (30) zum Ermitteln von Batterieparametern (BP) aus einem physik-basierten Batteriemodell zur Abbildung von in der Batterievorrichtung (1000) ablaufenden physikalischen Prozessen, wobei das Batteriemodell als Eingangsparameter wenigstens die Messparameter (MP) aufweist, und wobei die Batterieparameter (BP) wenigstens einen zu erwartenden Temperaturfortschritt der Betriebstemperatur und eine Elektrodenspannung aufweisen;

- ein Vorhersagemodul (40) zum Ermitteln von Vorhersageparametern (VP) für den Eintritt von Metal-Plating an einer Elektrode (1001, 1002) der Batterievorrichtung (1000) aus einem Vorhersagemodell, wobei das Vorhersagemodell wenigstens die Batterieparameter (BP) als Eingangsparameter aufweist und wobei die Vorhersageparameter (VP) wenigstens eine vorhergesagte Eintrittszeit für das Metal-Plating aufweisen;

- ein Kontrollermittlungsmodul (50) zum Ermitteln von mindestens einem Kontrollparameter (KP) zur Kontrolle des Ladeprozesses aus einem Kontrollmodell, wobei das Kontrollmodell die Messparameter (MP), die Batterieparameter (BP) und die Vorhersageparameter (VP) als Eingangsparameter aufweist, wobei der mindestens eine Kontrollparameter (KP) insbesondere auf einer Gewichtung der Eingangsparameter basiert und wobei der mindestens eine Kontrollparameter (KP) wenigstens eine Ladestromgrenze aufweist, und

- ein Ausgabemodul (60) zur Ausgabe der ermittelten Ladestromgrenze, um insbesondere basierend auf dem zumindest einen Kontrollparameter (KP) den Ladeprozess zu kontrollieren.

15. Kontrollsystem (10) gemäß Anspruch 14,

wobei das Messmodul (20) und das Batteriezustandsmodul (30) auf einer ersten Recheneinheit (11), bevorzugt auf einer Batteriesteuereinheit der Batterievorrichtung (1000), vorgesehen sind, und

wobei das Vorhersagemodul (40) und das Kontrollermittlungsmodul (50) auf einer zweiten Recheneinheit (12), bevorzugt auf einem externen Server oder einem Cloud-Server, vorgesehen sind, wobei bevorzugt die zweite Recheneinheit (12) von der ersten Recheneinheit (11) verschieden ist.

16. Kontrollsystem (10) gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei das Messmodul (20) wenigstens einen Spannungssensor (21), einen Temperatursensor (22) und/oder einen Stromsensor (23) aufweist.

17. Batterieladesystem (90) aufweisend

- eine wiederaufladbare Batterievorrichtung (1000) mit wenigstens einer Batteriezelle (1003),

- Ladeanschlüsse zum Koppeln von Elektroden (1001, 1002) der Batterievorrichtung (1000) mit einer elektrische Ladevorrichtung (1200), um die Batterievorrichtung (1000) mit einem Ladestrom elektrisch zu laden,

gekennzeichnet durch

ein Kontrollsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis 16,

wobei die ausgegebene Ladestromgrenze als eine Obergrenze des Ladestroms von dem Kontrollsystem (10) vorgegeben wird.

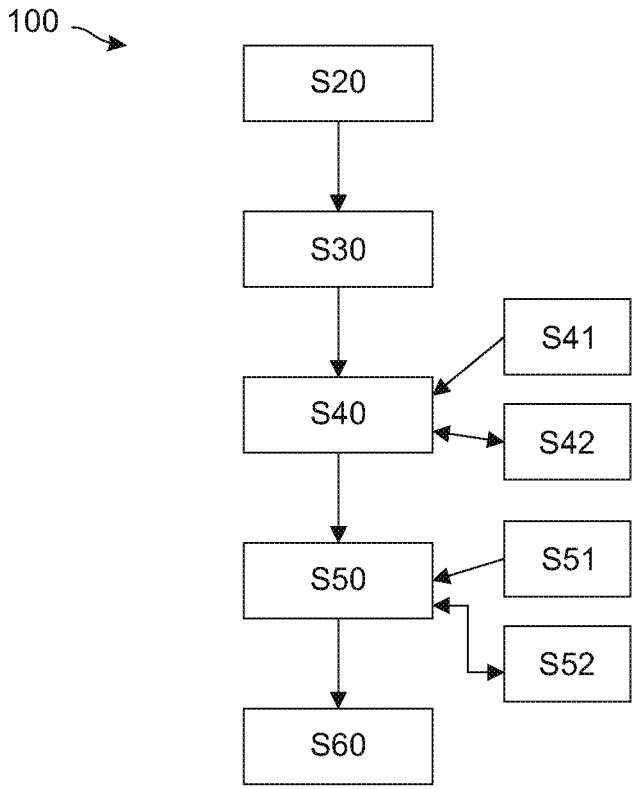

Fig. 1

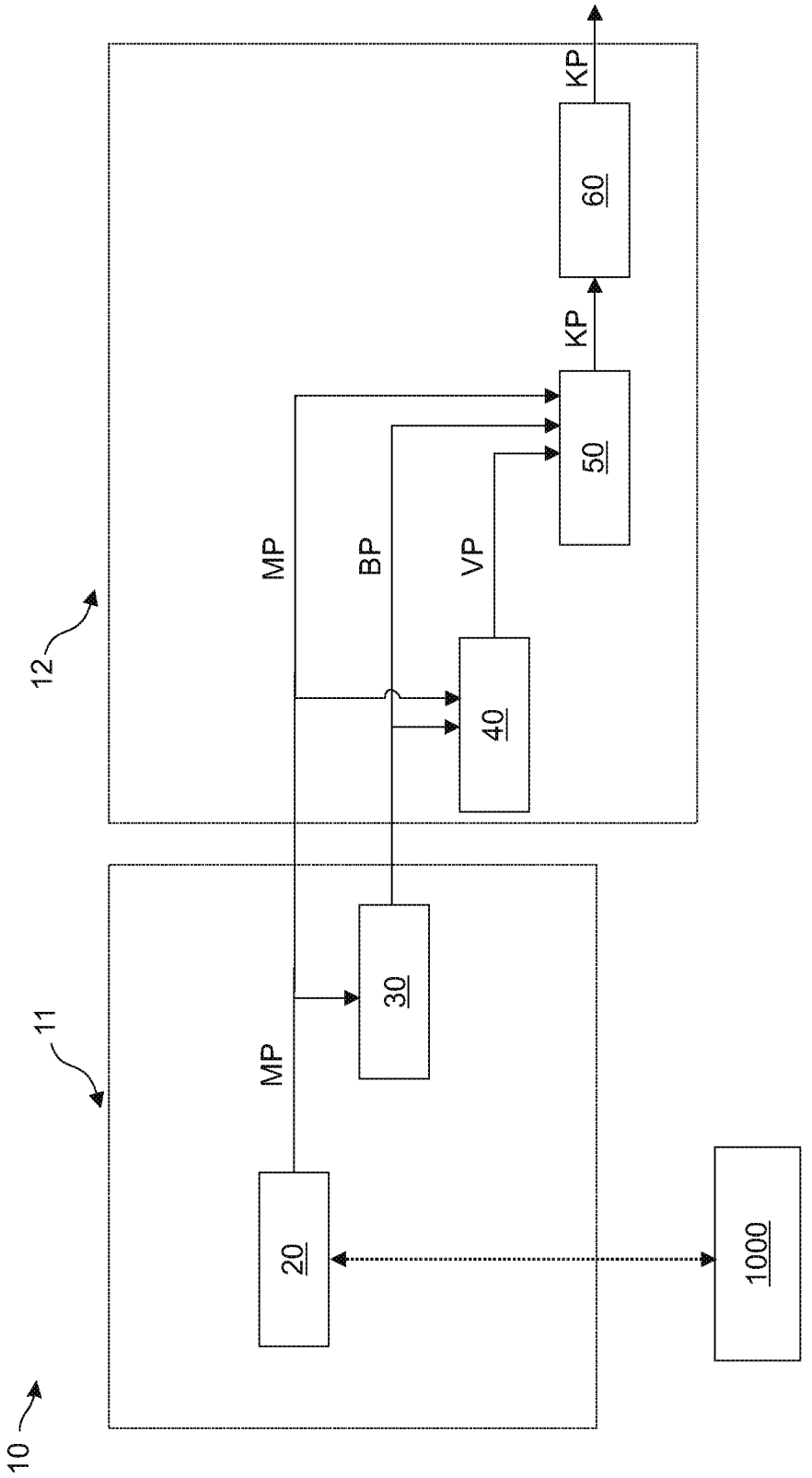

Fig. 2

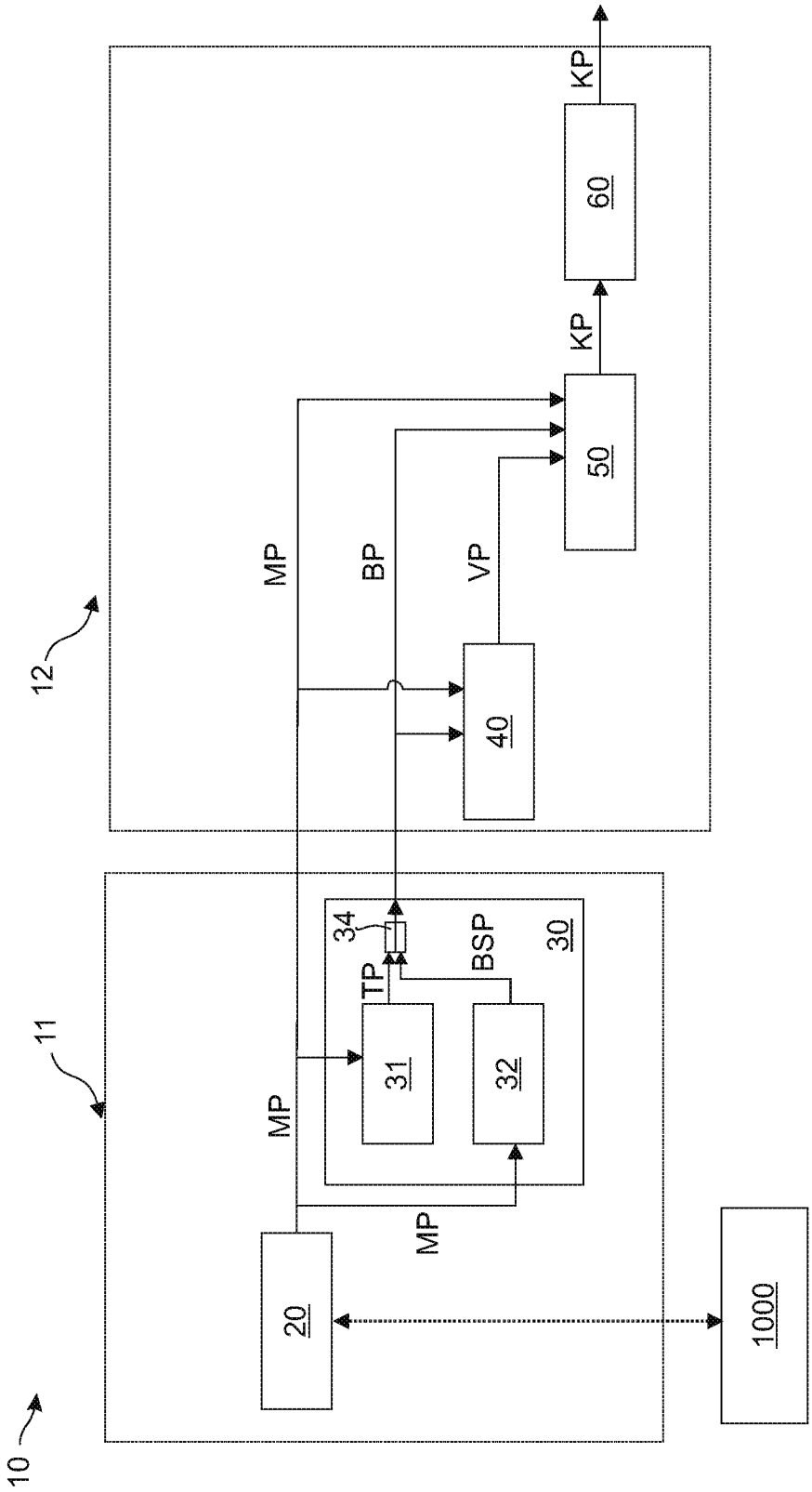

Fig. 3

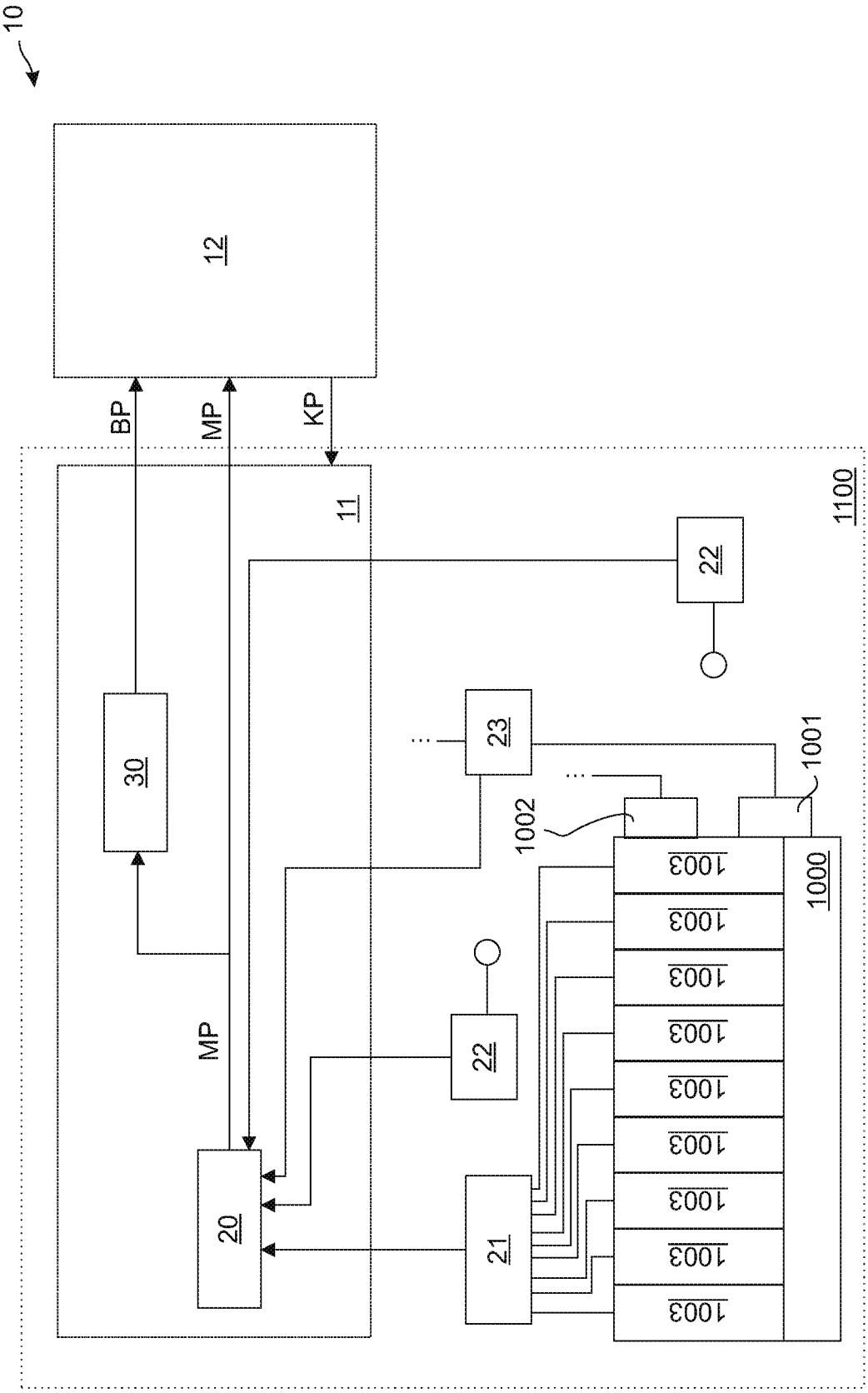

Fig. 4

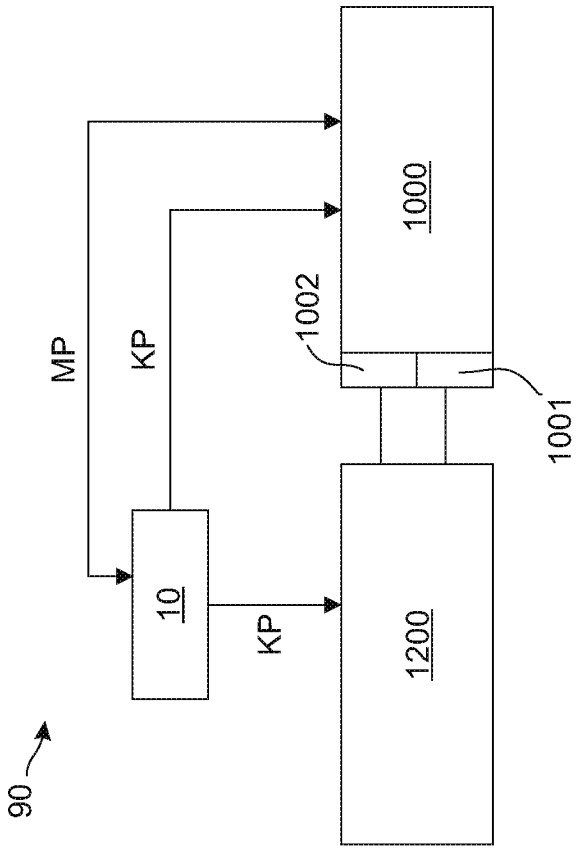

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AT2024/060265

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 7/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2019229378 A1 (ZHANG ZHENLI [US] ET AL) 25 July 2019 (2019-07-25)	14-17
A	abstract; drawings	1-13
	paragraphs [0002] - [0006], [0024] - [0029], [0033] - [0069]	
X	US 2020363475 A1 (HAN SANGWOO [US] ET AL) 19 November 2020 (2020-11-19)	14-17
A	abstract; figures 2, 5, 7, 13	1-13
	paragraphs [0039] - [0062]	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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	Date of mailing of the international search report
24 October 2024	**13 November 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. **(+31-70)340-2040**
Facsimile No. **(+31-70)340-3016**

Authorized officer

Hartmann, Martin

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/AT2024/060265

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2019229378 A1	25 July 2019	EP 3520159 A1	07 August 2019
		US 2019229378 A1	25 July 2019
		US 2023040026 A1	09 February 2023
		US 2024120558 A1	11 April 2024
		WO 2018067565 A1	12 April 2018
US 2020363475 A1	19 November 2020	CN 111952685 A	17 November 2020
		US 10829004 B1	10 November 2020

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2024/060265

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02J7/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02J

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	US 2019/229378 A1 (ZHANG ZHENLI [US] ET AL) 25. Juli 2019 (2019-07-25)	14-17
A	Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0002] - [0006], [0024] - [0029], [0033] - [0069]	1-13

X	US 2020/363475 A1 (HAN SANGWOO [US] ET AL) 19. November 2020 (2020-11-19)	14-17
A	Zusammenfassung; Abbildungen 2, 5, 7, 13 Absätze [0039] - [0062]	1-13

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
24. Oktober 2024	13/11/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hartmann, Martin

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2024/060265

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019229378 A1	25-07-2019	EP 3520159 A1	07-08-2019
		US 2019229378 A1	25-07-2019
		US 2023040026 A1	09-02-2023
		US 2024120558 A1	11-04-2024
		WO 2018067565 A1	12-04-2018
US 2020363475 A1	19-11-2020	CN 111952685 A	17-11-2020
		US 10829004 B1	10-11-2020