

WO 2014/029563 A1



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)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Nutzungsverfahren für elektrische Energiespeicher, eine Anordnung zur Ausführung eines solchen Nutzungsverfahrens, eine Batterie und ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Batterie. Bei dem Verfahren zur Nutzung eines elektrischen Energiespeichers werden eine Menge von Zuständen des elektrischen Energiespeichers und mindestens eine Trennfläche (100) definiert, welche erste von zweiten oder weiteren Zuständen des elektrischen Energiespeichers trennt. Es werden Zustände (106) erfasst, die der elektrische Energiespeicher bei seiner Nutzung annimmt. Auf Basis der erfassten Zustände (106) wird mindestens ein Zustand des elektrischen Energiespeichers geschätzt, den er bei fortgesetzter Nutzung zu mindestens einem vorgegebenen Zeitpunkt (110) annimmt. Es wird geprüft, ob der Zustand für den vorgegebenen Zeitpunkt (110) in einem vorgegebenen Teilraum liegt. Abhängig vom Prüfungsergebnis wird die Nutzung des Energiespeichers derart geändert, dass der mindestens eine bei geänderter Nutzung angenommene Zustand zu dem mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt (110) in mindestens einem vorgegebenen Teilraum liegt.

5 Beschreibung

Titel

Nutzungsverfahren für elektrische Energiespeicher, Anordnung zur Ausführung eines solchen Nutzungsverfahrens, Batterie und Kraftfahrzeug mit einer solchen Batterie

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Nutzungsverfahren für elektrische Energiespeicher, eine Anordnung zur Ausführung eines solchen Nutzungsverfahrens, eine Batterie und ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Batterie, welche insbesondere einsetzbar sind, um eine Alterung von elektrischen Energiespeichern, insbesondere von Lithium-Ionen-Batterien, zu verzögern.

15

Stand der Technik

In Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb werden zunehmend Akkumulatoren auf Basis von Lithium-Ionen-Technologie eingesetzt. Infolge zeitlicher und nutzungsbedingter Alterung kann die elektrische Speicher- und Leistungsfähigkeit dieser Akkumulatoren deutlich abnehmen. Da der Fahrzeugnutzer in hybridischen Fahrzeugen einen Treibstoffverbrauch bzw. im Elektrofahrzeug eine Reichweite wie auch eine definierte Leistung seines Fahrzeugs erwartet, sind ein Mindestmaß an Speicherfähigkeit und Leistung üblicherweise Teil der Gewährleistungsvereinbarung für diese Fahrzeuge.

20

25

Auf der anderen Seite hängt die tatsächliche Alterung des elektrischen Speichers sehr stark von einer Vielzahl von Nutzungsparametern ab, die sowohl durch den Fahrer als auch durch die Fahrzeugbetriebsstrategie, wie beispielsweise die Fahr- und Ladestrategie, thermische Konditionierung oder dergleichen, stark beeinflusst werden kann.

30

Herkömmlicherweise werden zwischen einem Hersteller von Speichersystemen und Fahrzeugherstellern Schwellwerte für eine Vielzahl von Histogrammen vereinbart, die infolge der Nutzung nicht überschritten werden dürfen. In den

35

einzelnen Histogrammen werden die wichtigsten kritischen Einflussfaktoren der Alterung abgebildet. Die Einhaltung der Schwellwerte wird üblicherweise im Batteriesteuergerät verfolgt.

Ein wesentlicher Nachteil bei der Verwendung von Histogrammen für Gewährleistungsvereinbarungen besteht darin, dass die Wechselwirkung der einzelnen Einflussfaktoren nicht berücksichtigt werden kann. Das bedeutet, dass ein Einfluss, dem ein Batteriesystem übermäßig ausgesetzt ist, nicht durch Vermeidung eines anderen Einflusses kompensiert werden kann. Hierfür müssten die einzelnen Schwellwerte in den Histogrammen je nach Befüllungsgrad der anderen Histogramme dynamisch angepasst werden. Die Einführung solcher Regeln ist sehr kompliziert und im Sinn einer Gewährleistungsvereinbarung nicht ausreichend transparent.

Offenbarung der Erfindung

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass Speicherfähigkeit und Leistung von elektrischen Energiespeichern über einen längeren Zeitraum erhalten werden können. Dadurch wird insbesondere erreicht, dass der elektrische Energiespeicher über den gesamten Gewährleistungszeitraum die Gewährleistungsbedingungen erfüllt. Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, eine Menge von Zuständen zu definieren, welche der elektrische Energiespeicher annehmen kann. Die Zustände können beispielsweise definiert werden, indem Parameter betrachtet werden, die den Zustand des elektrischen Energiespeichers, insbesondere dessen Alterung und speziell die Speicherfähigkeit oder Leistung des elektrischen Energiespeichers beeinflussen. Aus diesen Parametern können Einflussfaktoren gebildet werden, wie beispielsweise eine Temperaturcharakteristik T_n , eine Parkcharakteristik P_n , eine Fahrcharakteristik D_n oder dergleichen. Die Einflussfaktoren werden vorzugsweise als Funktionen von Parametern wie Temperatur T , Ladungsdurchsatz ΔQ oder dergleichen definiert. Diese Einflussfaktoren spannen den Raum der Zustände des elektrischen Energiespeichers auf, das heißt, die Zustände lassen sich als Punkte in diesem Raum darstellen, deren Komponenten von den Einflussfaktoren gebildet werden. Insbesondere beschreiben die Zustände die Alterung eines oder mehrerer elektrischer Energiespeicher. In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass

alle oder ein Teil solcher Zustände erfasst wird, die nur irreversibel verlassen werden können und daher eine zeitliche Abfolge definieren.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Zustände erzeugt werden durch Auswertung von Nutzungsprofilen für den elektrischen Energiespeicher. Dabei werden beispielsweise die Funktionen der Einflussfaktoren an diskreten Stellen t_i ausgewertet. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Zustände dahin gehend bewertet werden, ob ein Zustand Gewährleistungsanforderungen erfüllt oder nicht. In Abhängigkeit vom Ergebnis der Bewertung wird ein Zustand markiert, beispielsweise mit +1 oder -1. Die Zustände werden somit zwei Klassen zugeordnet, die durch die Markierung +1 bzw. -1 gekennzeichnet sind. Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die Zustände des elektrischen Energiespeichers auf Basis eines Alterungsmodells des elektrischen Energiespeichers berechnet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die so berechneten Zustände durch Zustände ergänzt und/oder korrigiert werden, die in Feldversuchen bestimmt werden. Die in Feldversuchen ermittelten Zustände können Zustände, die modellbasiert bestimmt wurden, ersetzen oder ergänzen.

Die Erfindung sieht weiter vor, die markierten Zustände in dem Raum durch eine Trennfläche voneinander zu trennen, so dass zwei Teilräume entstehen, von denen ein erster Teilraum nur Zustände enthält, welche die Gewährleistungsanforderungen erfüllen, und ein zweiter Teilraum nur Zustände enthält, welche die Gewährleistungsanforderungen nicht erfüllen. In höherdimensionalen Zustandsräumen handelt es sich bei der Trennfläche um eine Hyperfläche. In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Trennfläche (auch als Hüllfläche oder Hüllkurve bezeichnet, mit Hilfe des Verfahrens der Stützvektoren (Support Vector Machine) ermittelt wird. Solche markierten Zustandsräume können für eine ganze Klasse von elektrischen Energiespeichern oder für jeden elektrischen Energiespeicher einzeln erstellt werden. Zustandsräume, in denen Zustände markiert sind, werden auch als Klassifizierungsräume bezeichnet.

Vorzugsweise erfolgt die Festlegung der Hüllkurve als Offline-Training.

Nachdem die eine Hüllkurve festgelegt ist, werden im Betrieb des mindestens einen elektrischen Energiespeichers die von dem mindestens einen elektrischen Energiespeicher angenommenen Zustände ermittelt und geprüft, ob die Strategie zum Betrieb des mindestens einen elektrischen Energiespeichers geändert werden muss. Diese Phase der Zustandsermittlung und Anwendung der Betriebsstrategie wird nachfolgend näher beschrieben.

Wenn ein elektrischer Energiespeicher genutzt wird, vorzugsweise von Beginn der Nutzung an, werden die bei der Nutzung entstehenden Einflussfaktoren bestimmt, beispielsweise indem die Funktionen Temperaturcharakteristik T_n , Parkcharakteristik P_n , Fahrcharakteristik D_n oder dergleichen berechnet werden. Mit Hilfe der Einflussfaktoren werden die zugehörigen Zustände bestimmt, die der elektrische Energiespeicher bei der Nutzung annimmt, und zumindest ein Teil der angenommenen Zustände in den Klassifizierungsraum als Trajektorie eingetragen. Wenn die Menge der angenommenen Zustände groß genug ist, wird eine Schätzung von Zuständen, die von dem elektrischen Energiespeicher voraussichtlich angenommen werden, vorgenommen. Vorzugsweise wird hierzu zumindest ein Teil der angenommenen Zustände, vorzugsweise alle angenommenen Zustände ausgewertet, die während eines ersten Zeitraums angenommen wurden. Der erste Zeitraum kann beispielsweise ca. ein Jahr betragen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Schätzung die Ermittlung mindestens eines Zustands zu mindestens einem ersten vorgegebenen (zukünftigen) Zeitpunkt umfasst. Vorzugsweise handelt es sich bei dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt um das Ende des Gewährleistungszeitraums. Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass aus den in dem ersten Zeitraum angenommenen Zuständen ein Profil der Nutzung des elektrischen Energiespeichers (Nutzungsprofil) bestimmt wird. Der Zustand des elektrischen Energiespeichers zu dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt wird geschätzt unter der Voraussetzung, dass das ermittelte Nutzungsprofil beibehalten wird. Bei der Schätzung handelt es sich vorzugsweise um eine Extrapolation.

Die Erfindung sieht weiter eine Prüfung vor, ob der zukünftige Zustand zu dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt die Gewährleistungsanforderungen erfüllt oder nicht. Da die Zustände, die während des ersten Zeitraums angenommen wurden, zumindest aber der Zustand zu Beginn der Nutzung des elektrischen

Energiespeichers die Gewährleistungsanforderungen erfüllen, besteht in einer bevorzugten Ausführungsform die Prüfung darin, zu bestimmen, ob der Zustand zu dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt und zumindest ein Teil der während des ersten Zeitraums angenommenen Zustände, insbesondere der Zustand zu Beginn der Nutzung, in ein und demselben Teilraum liegen. Liegen der Zustand zu dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt und zumindest ein Teil der während des ersten Zeitraums angenommenen Zustände in demselben Teilraum, so erfüllt auch der zu dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt angenommen Zustand die Gewährleistungsanforderungen. Werden der Zustand für den ersten vorgegebenen Zeitpunkt und zumindest einem Teil der erfassten für den ersten Zeitraum erfassten Zustände durch die Trennebene getrennt, so erfüllt der zu dem ersten vorgegebenen Zeitpunkt angenommen Zustand die Gewährleistungsanforderungen nicht.

In Abhängigkeit des Prüfungsergebnisses wird die Nutzung, insbesondere die Betriebsstrategie, des elektrischen Energiespeichers geändert. Im Einzelnen wird die Nutzung dann geändert, wenn die Prüfung ergibt, dass der Zustand für den ersten vorgegebenen (in der Zukunft liegenden) Zeitpunkt die Gewährleistungsanforderungen nicht erfüllt. Andernfalls kann die bisherige Nutzungsstrategie beibehalten werden. Die Betriebsstrategie wird also so gewählt, dass der Zustand zu dem in der Zukunft liegenden ersten vorgegebenen Zeitpunkt noch im „gutartigen“ Teilraum des Merkmalsraums liegt.

Die Änderung besteht insbesondere darin, die Nutzung dahin gehend zu ändern, dass der Zustand für den ersten vorgegebenen Zeitpunkt die Gewährleistungsanforderungen erfüllt, wenn der elektrische Energiespeicher mit der geänderten Nutzung betrieben wird. Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass zu einem zweiten vorgegebenen Zeitpunkt, insbesondere am Ende des ersten Zeitraums, eine Schätzung von mindestens einem zukünftigen Zustand, insbesondere eine Schätzung von mindestens einem Zustand zu dem mindestens einen ersten vorgegebenen Zeitpunkt, vorgenommen wird, wobei der Schätzung die geänderte Nutzung zugrunde gelegt wird. Diese Schätzung ergibt eine neue Trajektorie, die die Zustände beschreibt, die angenommen werden, wenn der elektrische Energiespeicher mit der geänderten Nutzung betrieben wird. Die der Schätzung zugrunde gelegte Nutzung wird so lange geändert, bis der Zustand für den ersten vorgegebenen Zeitpunkt die

Gewährleistungsanforderungen erfüllt. In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass in vorgebbaren Zeitabschnitten nach dem zweiten Zeitpunkt zumindest ein Teil der in der Vergangenheit angenommenen Zustände ausgewertet wird, um den Zustand für den ersten vorgegebenen Zeitpunkt zu ermitteln und zu prüfen, ob der mit der neuen Schätzung ermittelte Zustand die Gewährleistungsanforderungen erfüllt oder nicht. In Abhängigkeit des Prüfungsergebnisses wird die Nutzung des elektrischen Energiespeichers gegebenenfalls erneut geändert.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Änderung eine Änderung der Kühlung und/oder eine Änderung des Ladevorgangs gegenüber der durch das anfängliche Nutzungsprofil beschriebenen Kühlung und/oder dem durch das anfängliche Nutzungsprofil beschriebenen Ladevorgang umfasst. Alternativ oder parallel dazu kann die Änderung der Nutzung dadurch bewirkt werden, dass über eine optische oder akustische Schnittstelle, oder allgemein über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, Handlungsanweisungen an einen Nutzer des elektrischen Energiespeichers ausgegeben werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass in der Trainingsphase die Zustände in mehr als zwei Klassen unterteilt werden. Beträgt die Anzahl der Klassen N , so können bis zu $(N-1)*N/2$ Trennflächen definiert werden.

In dieser speziellen Ausführungsform wird geprüft, ob der Zustand für den vorgegebenen, in der Zukunft liegenden Zeitpunkt durch eine oder mehrere Trennflächen von zumindest einem Teil der bei der Nutzung bestimmten Zustände getrennt ist, das heißt ob der Zustand für den vorgegebenen Zeitpunkt in einem vorgegebenen Teilraum (Zielteilraum) liegt oder nicht. In Abhängigkeit des Ergebnisses dieser Prüfung wird die Nutzung des elektrischen Energiespeichers derart geändert, dass der bei geänderter Nutzung zu dem vorgegebenen Zeitpunkt angenommene Zustand in dem vorgegebenen Zielteilraum liegt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine stufenweise Prüfung erfolgt in dem Sinne, dass Zustände für mehrere vorgegebene Zeitpunkte approximiert werden. Es erfolgt dann eine Prüfung, ob der

approximierte Zustand zu den vorgegebenen Zeitpunkten in einem vorgegebenen Zielteilraum liegt. Wenn einer der approximierten Zustände nicht in dem vorgegebenen Zielteilraum liegt, erfolgt eine Änderung der Nutzungsstrategie des mindestens einen elektrischen Energiespeichers derart, dass die bei geänderter Nutzung zu den vorgegebenen Zeitpunkten angenommenen Zustände jeweils in dem vorgegebenen Zielteilraum liegen.

Eine Anordnung nach der Erfindung weist mindestens eine Datenverarbeitungseinheit, wie z. B. einen Prozessor, einen elektronischen Baustein oder einen Chip, auf und ist derart eingerichtet, dass ein Verfahren zur Nutzung eines elektrischen Energiespeichers ausführbar ist, wobei das Verfahren zumindest folgende Schritte umfasst:

- Definieren einer Menge von Zuständen des elektrischen Energiespeichers, wobei die Zustände durch vorgebbare Einflussfaktoren beschrieben werden,
- Definieren mindestens einer Trennfläche, welche einen Teilraum von ersten Zuständen des elektrischen Energiespeichers von mindestens einem Teilraum von zweiten oder weiteren Zuständen des elektrischen Energiespeichers trennt,
- bei einer Nutzung des elektrischen Energiespeichers Erfassen von zumindest einem Teil der Einflussfaktoren und Bestimmung von bei der Nutzung angenommenen Zuständen des elektrischen Energiespeichers,
- Schätzen mindestens eines bei zukünftiger Nutzung des elektrischen Energiespeichers zu mindestens einem vorgegebenen Zeitpunkt angenommenen Zustandes durch Auswerten von zumindest einem Teil der erfassten Einflussfaktoren,
- Prüfen, ob der mindestens eine Zustand für den mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt in einem vorgegebenen Teilraum liegt, und
- in Abhängigkeit des Ergebnisses der Prüfung Ändern der Nutzung des elektrischen Energiespeichers derart, dass der mindestens eine bei geänderter Nutzung angenommene Zustand zu dem mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt in mindestens einem vorgegebenen Teilraum liegt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Anordnung als Teil eines Batteriesteuergeräts und/oder eines Fahrzeugsteuergeräts realisiert ist.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Batterie, die mit einer Anordnung kombiniert ist, wobei die Anordnung zumindest eine Datenverarbeitungseinheit aufweist, und wobei die Anordnung derart eingerichtet ist, dass ein Verfahren zur Nutzung eines elektrischen Energiespeichers ausführbar ist, wobei das

5 Verfahren zumindest folgende Schritte umfasst:

- Definieren einer Menge von Zuständen des elektrischen Energiespeichers, wobei die Zustände durch vorgebbare Einflussfaktoren beschrieben werden,
- Definieren mindestens einer Trennfläche, welche einen Teilraum von ersten Zuständen des elektrischen Energiespeichers von mindestens einem Teilraum

10 von zweiten oder weiteren Zuständen des elektrischen Energiespeichers trennt,

- bei einer Nutzung des elektrischen Energiespeichers Erfassen von zumindest einem Teil der Einflussfaktoren und Bestimmung von bei der Nutzung angenommenen Zuständen des elektrischen Energiespeichers,
- Schätzen mindestens eines bei zukünftiger Nutzung des elektrischen

15 Energiespeichers zu mindestens einem vorgegebenen Zeitpunkt angenommenen Zustandes durch Auswerten von zumindest einem Teil der erfassten Einflussfaktoren,

- Prüfen, ob der mindestens eine Zustand für den mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt in einem vorgegebenen Teilraum liegt, und

20 - in Abhängigkeit des Ergebnisses der Prüfung Ändern der Nutzung des elektrischen Energiespeichers derart, dass der mindestens eine bei geänderter Nutzung angenommene Zustand zu dem mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt in mindestens einem vorgegebenen Teilraum liegt.

25 Vorzugsweise handelt es sich bei der Batterie um eine Lithium-Ionen-Batterie oder die Batterie umfasst elektro-chemische Zellen, die als Lithium-Ionen-Batteriezellen ausgebildet sind. Dabei können mehrere Lithium-Ionen-Batteriezellen zu jeweils einem elektro-chemischen Modul zusammengefasst sein. Die Erfindung ist dabei nicht auf Lithium-Ionen-Batterien

30 beschränkt, sondern bezieht sämtliche elektrische Energiespeicher ein, die einer zeitlichen und/oder nutzungsbedingten Alterung unterworfen sind, welche sich innerhalb des üblicherweise veranschlagten Nutzungszeitraums bemerkbar macht. Insbesondere kann es sich bei dem elektrischen Energiespeicher auch um eine Lithium-Luft-Batterie handeln.

35

Ein anderer Aspekt der Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Antriebsmotor zum Antreiben des Kraftfahrzeugs und einer mit dem elektrischen Antriebsmotor verbundenen oder verbindbaren Batterie gemäß dem im voranstehenden Absatz beschriebenen Erfindungsaspekt. Die Batterie ist jedoch nicht auf einen solchen Einsatzzweck eingeschränkt, sondern kann auch in anderen elektrischen Systemen eingesetzt werden.

Durch die Erfindung wird ein gemeinsamer Schwellwert für alle wesentlichen Einflussfaktoren in Form einer Hüllkurve in einem multidimensionalen Raum definiert, wobei der multidimensionale Raum durch die Funktionen der genannten Einflussfaktoren aufgespannt wird. Das individuelle Nutzungsprofil wird in Form einer Trajektorie in diesem Raum abgebildet.

Darüber hinaus wird durch die Erfindung ein Verfahren bereitgestellt, welches die Nutzung eines Batteriesystems frühzeitig so beeinflusst, dass über den gesamten Gewährleistungszeitraum der gemeinsame Schwellwert aller Einflussfaktoren nicht überschritten wird.

Die Erfindung lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

Einen wesentlichen Aspekt bildet die Verwendung eines geeigneten n-dimensionalen Klassifizierungsverfahrens für die Erfassung und Festlegung von Gewährleistungsvereinbarungen. Hierfür wird in einer bevorzugten Ausführungsform das Verfahren der Stützvektoren (Support Vector Machine) genutzt, welches für die Einordnung und Verfolgung der Nutzung sowie die Anpassung der Betriebsstrategie beispielsweise in ein Fahrzeugsteuergerät integriert ist.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Wahl der Funktionen, die den Klassifizierungsraum aufspannen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Mindestmenge an Funktionen (T_n , P_n , D_n) hierbei durch folgende Summen gebildet:

$$\langle T_n \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1, \dots, n} T_i ,$$

$$\langle P_n \rangle = \sum_{i=1, \dots, n} AF(SOC_i) \cdot \Delta t_i \text{ und}$$

$$\langle D_n \rangle = \sum_{i=1, \dots, n} AF(\Delta SOC_i) \cdot \Delta Q_i .$$

5 Die Funktionen können als Temperaturcharakteristik T_n , Parkcharakteristik P_n und Fahrcharakteristik D_n bezeichnet werden, wobei T_i die Temperatur zum Zeitpunkt $t = i$, Δt_i ein Zeitspanne bzw. Zeitschritt, ΔQ_i den Ladungsdurchsatz und die Größen $AF(SOC_i)$ bzw. $AF(\Delta SOC_i)$ Stressfaktoren, die vom Ladungszustand SOC_i (State Of Charge) des elektrischen Energiespeichers bzw. von der
10 Änderung des Ladungszustands ΔSOC_i zum Zeitpunkt t_i abhängen, beschreiben.

Ein anderer wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht in einem Verfahren zur Feststellung, ob aufgrund eines aktuellen Nutzungsprofils bei Fortsetzung dieses Nutzungsprofils das Batteriesystem die Gewährleistungsanforderungen erfüllen
15 wird oder nicht.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht in einem Verfahren, bei dem durch Anpassung eines Nutzungsprofils, durch Änderung einer Betriebsstrategie und/oder durch konkrete Anforderungen an einen Nutzer die
20 Gewährleistungsanforderungen erfüllt werden können.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben und in der Beschreibung beschrieben.

25 Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

30 Figur 1 eine Veranschaulichung eines beispielhaften Klassifizierungsraums mit einer Trennfläche und einer die Batteriezustände beschreibenden Trajektorie bei Beibehaltung einer anfänglichen Betriebsstrategie, und

Figur 2 eine Veranschaulichung eines beispielhaften Klassifizierungsraums mit einer Trennfläche und einer die Batteriezustände beschreibenden Trajektorie mit geänderter anfänglicher Betriebsstrategie.

5 Ausführungsformen der Erfindung

An einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung soll zunächst ein beispielhaftes n-dimensionales Klassifizierungsverfahren für die Erfassung und Festlegung der Gewährleistungsvereinbarung beschrieben werden:

10

15

20

25

30

35

a) Fahrzeughersteller stellen herkömmlicherweise typische Nutzungsprofile zur Verfügung. Für diese Nutzungsprofile werden Funktionen, wie z. B. die oben erwähnten Funktionen T_n , P_n und D_n , diskret in Abhängigkeit von Zeitschritten t_i und dem Energiedurchsatz ΔQ_i berechnet. Die Stressfaktoren $AF(SOC_i)$ und $AF(\Delta SOC_i)$ (AF = Accelerating Factor) werden in entsprechenden Testverfahren bestimmt. In einer beispielhaften Ausführungsform sind die Stressfaktoren als Kennfelder abgelegt, beispielsweise in Speichermitteln des Batteriesteuergeräts oder des Fahrzeugsteuergeräts. Erfüllt ein Batteriesystem zum Nutzungsschritt n entsprechend der aktuellen Alterungsmodellierung des Batteriesystems die Gewährleistungsanforderungen, so wird der Nutzungsschritt mit dem Label +1 markiert. Erfüllt ein Nutzungsschritt die Gewährleistungsanforderungen nicht mehr, so werden dieser und die (zeitlich) folgenden Nutzungsschritte mit dem Label -1 markiert. Die bereitgestellten Nutzungsprofile werden in einer bevorzugten Ausführungsform weiter in Bezug auf weitere mögliche Betriebszustände zusätzlich variiert, so dass alle oder zumindest alle maßgeblichen möglichen Betriebszustände im Klassifizierungsraum mit einem Label versehen sind und sich durch Verwendung der Support Vector Machine eine geeignete Trennfläche 100 bestimmen lässt. In speziellen Fällen kann es sich bei der Trennfläche 100 um eine Trennebene handeln. Als maßgebliche Betriebszustände werden insbesondere Betriebszustände in der Umgebung der Grenze zwischen Betriebszuständen, welche die Gewährleistungsanforderungen erfüllen, und solchen, die die Gewährleistungsanforderungen nicht erfüllen, angesehen.

In einem nächsten Schritt werden in Feldversuchen zusätzlich Zustände erfasst und entsprechend der Erfüllung der Gewährleistungsanforderungen, wie oben

beschrieben, mit dem Label +1 bzw. -1 markiert. Befindet sich in unmittelbarer Umgebung eines aus den Feldversuchen ermittelten Zustandes ein Zustand, welcher mit Hilfe des Alterungsmodells bewertet wurde und welcher den Felderfahrungen widerspricht, so wird das mit dem Modell geschätzte Label gelöscht. Die Trennfläche 100 wird in einer beispielhaften Ausführungsform mit Hilfe des Konzepts der Support Vector Machine kontinuierlich angepasst.

Im Ergebnis enthält der Klassifikationsraum als Teilmenge eine Trennfläche 100, wobei die Trennfläche 100 die Batteriezustände, welche die Gewährleistungsanforderungen erfüllen, von den Batteriezuständen trennt, welche die Gewährleistungsanforderungen nicht erfüllen (vgl. Figur 1). Während der Nutzung des Batteriesystems werden die Batteriezustände erfasst und aufgezeichnet. Die Batteriezustände werden vom Beginn der Nutzung des Batteriesystems an in den Klassifizierungsraum abgebildet. An einem vorgegebenen Zeitpunkt während der Nutzung werden aus den vergangenen Batteriezuständen die voraussichtlichen künftigen Batteriezustände geschätzt, beispielsweise durch Extrapolation. Damit erhält man im Klassifizierungsraum eine Trajektorie. Die Trajektorie besteht aus einem ersten Teil, welcher die erfassten Betriebszustände beschreibt, und einem zweiten Teil, welcher die kommenden Batteriezustände beschreibt, die angenommen werden, wenn die anfänglichen Nutzungsparameter, welche die Basis der Schätzung darstellen, beibehalten werden. In speziellen Fällen kann es sich bei der Trajektorie um einen Vektor handeln. Die Schätzung wird bis zum Ende des Gewährleistungszeitraums bzw. bis zum Ende der Gewährleistungskilometerleistung berechnet. Typische Grenzen für das Ende des Gewährleistungszeitraums sind beispielsweise 10 Jahre oder ca. 160.000 km (bzw. 100.000 Meilen). Die Trajektorie (Vektor) kann außerdem unterteilt werden in einen ersten Bereich innerhalb der Hüllkurve 100, welcher die Batteriezustände beschreibt, welche die Gewährleistungsanforderungen erfüllen, und einen zweiten Bereich, welcher die Batteriezustände beschreibt, welche die Gewährleistungsanforderungen nicht mehr erfüllen. Bei der in Figur 1 dargestellten Nutzung würden die Gewährleistungsanforderungen am Ende des Gewährleistungszeitraums nicht mehr erfüllt werden.

b) Je nach Design des Gesamtsystems ergeben sich in der Regel weitere Einflussfaktoren, die für die Einhaltung der Gewährleistungsvereinbarung eine

wesentliche Bedeutung haben. Demnach können dem Klassifizierungsraum zusätzliche Dimensionen mit Funktionen der entsprechenden Einflussfaktoren hinzugefügt oder die bestehenden Funktionen in Bezug auf die Einflussfaktoren erweitert werden, wie z. B. folgendermaßen:

$$\langle \tilde{P}_n \rangle = \sum_{i=1, \dots, n} AF(SOC_i) \cdot AF(X_i) \cdot AF(Y_i) \cdot \Delta t_i ,$$

wobei $AF(X_i)$ und $AF(Y_i)$ die Stressfaktoren beschreiben, die von den Einflussfaktoren X_i bzw. Y_i abhängen.

c) Ist die Trennfläche 100 erstellt und validiert, so wird im Betrieb des Batteriesystems die aktuelle Nutzung im Klassifizierungsraum als Trajektorie aufgetragen. Die Nutzung vom Startpunkt (Beginn der Nutzung 102) bis zu einem gegebenen Nutzungszeitpunkt 104 kann durch eine Trajektorie, beispielsweise einen Vektor, im Klassifizierungsraum dargestellt werden. Dieser Teil der Trajektorie bildet den ersten Teil, welcher die erfassten Betriebszustände 106 beschreibt. Zur Generierung des zweiten Teils der Trajektorie wird aus Nutzungsdaten, die innerhalb einer vorgebbaren Zeitdauer (beispielsweise innerhalb eines Jahres) ab der ersten Nutzung erfasst wurden, eine voraussichtliche Nutzung für die Zukunft geschätzt, z. B. extrapoliert. Unter der Prämisse, dass das Nutzungsverhalten beibehalten wird, wird durch eine entsprechende Verlängerung des ersten Teils der Trajektorie der Batteriezustand am Ende 110 der vereinbarten Nutzung abgeschätzt werden. Das Ende 110 der vereinbarten Nutzung kann beispielsweise durch eine Zeitdauer der Nutzung und/oder eine Kilometerleistung vorgegeben werden.

Um die Gewährleistungsvereinbarung am Ende 110 der Nutzung erfüllen zu können, kann es erforderlich sein, dass die anfängliche Betriebsstrategie angepasst werden muss, wenn sich durch die Schätzung ergibt, dass ein Beibehalten der anfänglichen Betriebsstrategie zu einer Verletzung der Gewährleistungsvereinbarung führen würde. Die Anpassung wird so vorgenommen, dass die angepasste Trajektorie 116 der Schätzung bis zum Ende 110 der vereinbarten Nutzungsdauer stets innerhalb der Hüllkurve (Trennfläche 100) liegt (vgl. Figur 2).

Die Betriebsstrategie wird in einer bevorzugten Ausführungsform durch ein angepasstes Kühlungskonzept zur Anpassung beeinflusst werden. Vorzugsweise erfolgt die Beeinflussung automatisch. Alternativ oder zusätzlich zu der vorzugsweise automatischen Anpassung des Kühlungskonzepts kann die Betriebsstrategie auch indirekt, beispielsweise durch Feedback-Funktionen an den Nutzer, beeinflusst werden.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführungsform nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Verfahren, der erfindungsgemäßen Anordnung, der erfindungsgemäßen Batterie und dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug auch bei grundsätzlich andersgearteten Ausführungen Gebrauch macht.

5 Ansprüche

1. Nutzungsverfahren für elektrische Energiespeicher, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- 10 - Definieren einer Menge von Zuständen des elektrischen Energiespeichers, wobei die Zustände durch vorgebbare Einflussfaktoren beschrieben werden,
- Definieren mindestens einer Trennfläche (100), welche einen Teilraum von ersten Zuständen des elektrischen Energiespeichers von mindestens
15 einem Teilraum von zweiten oder weiteren Zuständen des elektrischen Energiespeichers trennt,
- bei einer Nutzung des elektrischen Energiespeichers Erfassen von zumindest einem Teil der Einflussfaktoren und Bestimmung von bei der Nutzung angenommenen Zuständen (106) des elektrischen
20 Energiespeichers,
- Schätzen mindestens eines bei zukünftiger Nutzung des elektrischen Energiespeichers zu mindestens einem vorgegebenen Zeitpunkt (110) angenommenen Zustandes durch Auswerten von zumindest einem Teil der erfassten Einflussfaktoren,
- 25 - Prüfen, ob der mindestens eine Zustand für den mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt (110) in einem vorgegebenen Teilraum liegt, und
- in Abhängigkeit des Ergebnisses der Prüfung Ändern der Nutzung des elektrischen Energiespeichers derart, dass der mindestens eine bei geänderter Nutzung angenommene Zustand zu dem mindestens einen
30 vorgegebenen Zeitpunkt (110) in mindestens einem vorgegebenen Teilraum liegt.

2. Nutzungsverfahren nach Anspruch 1, wobei geprüft wird, ob der mindestens eine Zustand für den mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt (110) durch
35 mindestens eine Trennfläche (100) von zumindest einem Teil der bei der Nutzung bestimmten Zustände (106) getrennt ist, und/oder

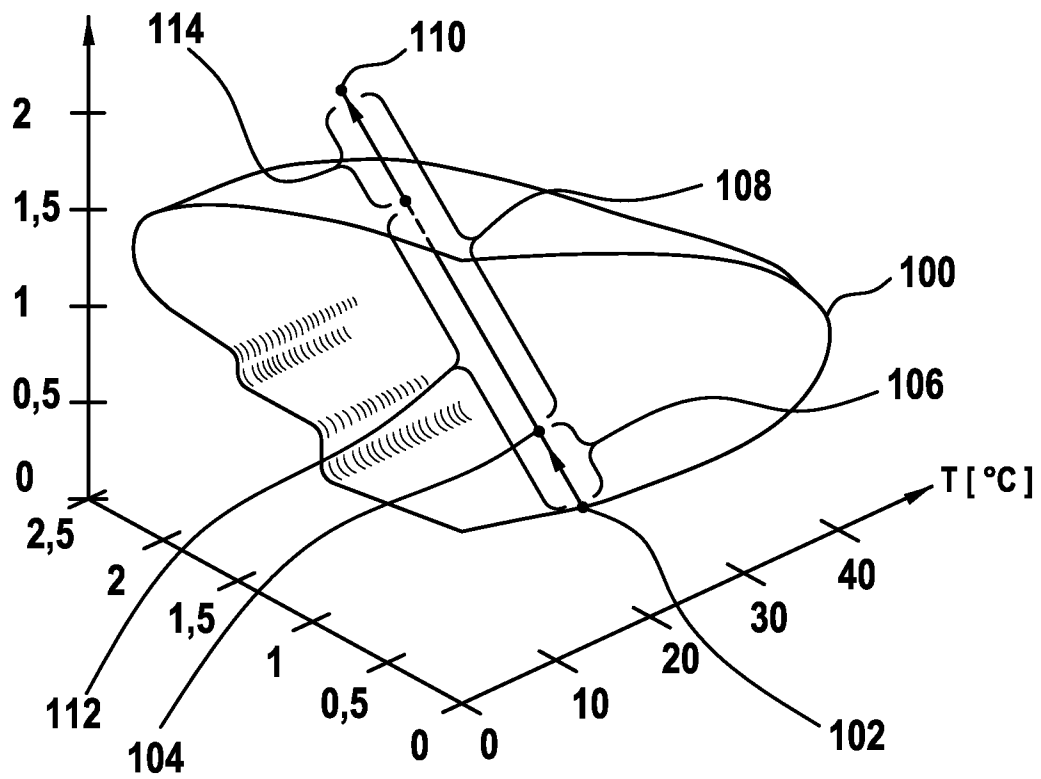
wobei in Abhängigkeit des Ergebnisses der Prüfung die Nutzung des elektrischen Energiespeichers derart geändert wird, dass die bei der Nutzung bestimmten Zustände (106) und der mindestens eine bei geänderter Nutzung angenommene Zustand zu dem mindestens einen vorgegebenen Zeitpunkt (110) im selben Teilraum liegen.

3. Nutzungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei aus zumindest einem Teil der erfassten Zustände (106) ein Nutzungsprofil erstellt wird.
4. Nutzungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Änderung eine Änderung der Betriebsstrategie umfasst.
5. Nutzungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Änderung eine Änderung der Kühlung und/oder eine Änderung des Ladevorgangs gegenüber der durch das Nutzungsprofil beschriebenen Kühlung und/oder dem durch das Nutzungsprofil beschriebenen Ladevorgang umfasst.
6. Nutzungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei durch eine Mensch-Maschine-Schnittstelle Informationen ausgegeben werden für eine geänderte Nutzung des elektrischen Energiespeichers.
7. Nutzungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die erfassten Zustände (106) als Trajektorie in dem Raum der Zustände des elektrischen Energiespeichers dargestellt werden und der Zustand für den vorgegebenen Zeitpunkt (110) durch Extrapolation der Trajektorie geschätzt wird.
8. Anordnung umfassend mindestens eine Datenverarbeitungseinheit, wobei die Anordnung derart eingerichtet ist, dass ein Nutzungsverfahren für elektrische Energiespeicher gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausführbar ist.
9. Batterie, die mit einer Anordnung gemäß Anspruch 8 kombiniert ist.

10. Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Antriebsmotor zum Antreiben des Kraftfahrzeugs und einer mit dem elektrischen Antriebsmotor verbundenen oder verbindbaren Batterie gemäß Anspruch 9.

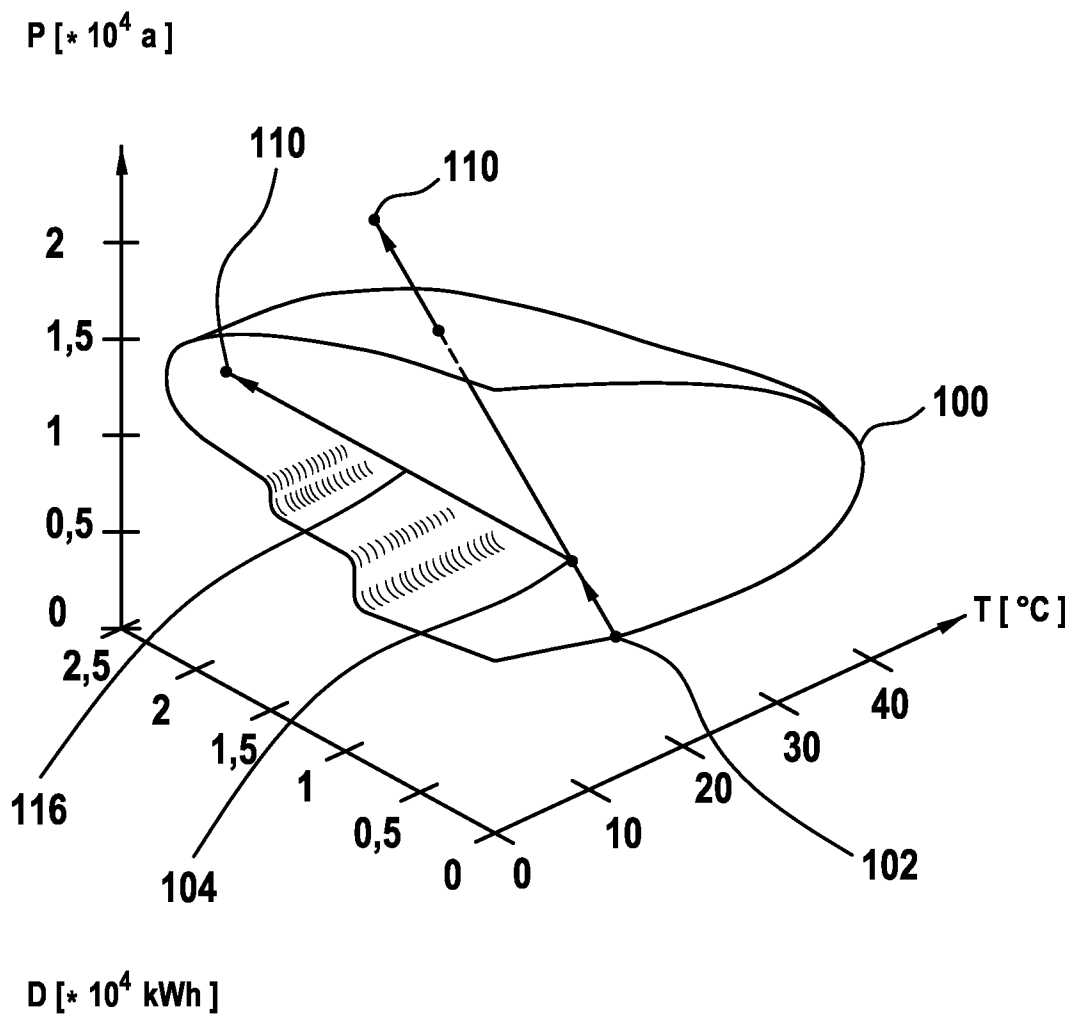
1 / 2

Fig. 1

 $P [\cdot 10^4 \text{ a}]$  $D [\cdot 10^4 \text{ kWh}]$

2 / 2

Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/065138

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M10/00 B60L3/00 B60L11/18 G01R31/36 H01M10/0525
ADD.

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)
H01M B60L G01R

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	DE 103 02 860 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 5 August 2004 (2004-08-05) paragraph [0001] paragraph [0004] - paragraph [0005] paragraph [0017] - paragraph [0019] paragraph [0021] - paragraph [0022] paragraph [0024] ----- -/--	1-10



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

15 October 2013

Date of mailing of the international search report

29/10/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Horváth, László

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/065138

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/029157 A1 (MUZAFFER REHAN [US]) 3 February 2011 (2011-02-03) paragraph [0003] paragraph [0020] - paragraph [0021] paragraph [0023] - paragraph [0024] paragraph [0027] paragraph [0029] paragraph [0031] paragraph [0035] paragraph [0040] paragraph [0046] paragraph [0048] -----	1-10
A	WO 00/19578 A1 (ALLIED SIGNAL INC [US]) 6 April 2000 (2000-04-06) the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/065138

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10302860	A1	05-08-2004	NONE

US 2011029157	A1	03-02-2011	CA 2769649 A1 03-02-2011
		CN 102549444 A	04-07-2012
		EP 2462458 A1	13-06-2012
		US 2011029157 A1	03-02-2011
		WO 2011014843 A1	03-02-2011

WO 0019578	A1	06-04-2000	AU 6284299 A 17-04-2000
		EP 1153465 A1	14-11-2001
		JP 4319784 B2	26-08-2009
		JP 2002527017 A	20-08-2002
		US 6181109 B1	30-01-2001
		US 6356058 B1	12-03-2002
		WO 0019578 A1	06-04-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. H01M10/00	B60L3/00	B60L11/18 G01R31/36 H01M10/0525
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H01M B60L G01R		
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 103 02 860 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 5. August 2004 (2004-08-05) Absatz [0001] Absatz [0004] - Absatz [0005] Absatz [0017] - Absatz [0019] Absatz [0021] - Absatz [0022] Absatz [0024] ----- -/--	1-10
☒ 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
15. Oktober 2013		29/10/2013
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Horváth, László

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2011/029157 A1 (MUZAFFER REHAN [US]) 3. Februar 2011 (2011-02-03) Absatz [0003] Absatz [0020] - Absatz [0021] Absatz [0023] - Absatz [0024] Absatz [0027] Absatz [0029] Absatz [0031] Absatz [0035] Absatz [0040] Absatz [0046] Absatz [0048] -----	1-10
A	WO 00/19578 A1 (ALLIED SIGNAL INC [US]) 6. April 2000 (2000-04-06) das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/065138

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10302860	A1	05-08-2004	KEINE

US 2011029157	A1	03-02-2011	CA 2769649 A1 03-02-2011
			CN 102549444 A 04-07-2012
			EP 2462458 A1 13-06-2012
			US 2011029157 A1 03-02-2011
			WO 2011014843 A1 03-02-2011

WO 0019578	A1	06-04-2000	AU 6284299 A 17-04-2000
			EP 1153465 A1 14-11-2001
			JP 4319784 B2 26-08-2009
			JP 2002527017 A 20-08-2002
			US 6181109 B1 30-01-2001
			US 6356058 B1 12-03-2002
			WO 0019578 A1 06-04-2000
