(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
13. September 2018 (13.09.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/162198 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G07C 3/00 (2006.01) *G05B 23/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/053749

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Februar 2018 (15.02.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 203 836.5
08. März 2017 (08.03.2017) DE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

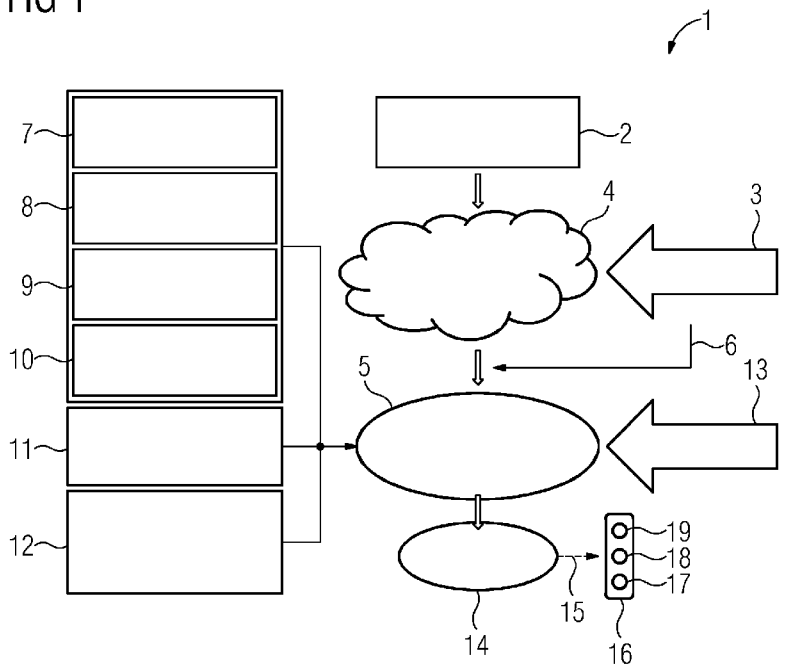
(72) Erfinder: **MLADENOVIC, Ivana**; Bussardstraße 4, 90556 Seukendorf (DE). **FRÖHNER, Wiebke**; Archivstraße 7a, 92224 Amberg (DE). **WERNER, Thomas**; Sandstraße 20, 91126 Rednitzhembach (DE).

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

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR DETERMINING THE EXPECTED USEFUL LIFE OF ELECTRICAL APPARATUS

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND SYSTEM ZUM BESTIMMEN EINER ERWARTETEN LEBENSDAUER EINES ELEKTRISCHEN BETRIEBSMITTELS

FIG 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method (1) and a system for determining the expected useful life (14) of electrical apparatus (21, 22, 23, 24) in relation to a reference point in time (7). Acording to said method (1), an ageing model (2) is provided, which describes the ageing behaviour of the apparatus (21, 22, 23, 24). In addition, a value (3) of at least one electrical operating parameter of the apparatus (21, 22, 23, 24) is detected during the operation of the apparatus (21, 22, 23, 24). Furthermore, the ageing model (2) is adapted according to the detected value (3) and the expected useful life (14) of the apparatus (21, 22, 23, 24) is determined on the basis of the adapted ageing model.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren (1) und ein System zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2018/162198 A1

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

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(14) eines elektrischen Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) bezogen auf einen Referenzzeitpunkt (7). Bei dem Verfahren (1) wird ein Alterungsmodell (2) bereitgestellt, welches ein Alterungsverhalten des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) beschreibt. Weiterhin wird ein Wert (3) zumindest eines elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) während eines Betriebs des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) erfasst. Weiterhin wird das Alterungsmodell (2) in Abhängigkeit von dem erfassten Wert (3) angepasst und die erwartete Lebensdauer (14) des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) anhand des angepassten Alterungsmodells bestimmt.

Beschreibung

Verfahren und System zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels bezogen auf einen Referenzzeitpunkt.

Es ist bekannt, dass elektrische Betriebsmittel einer Alterung unterliegen und daher eine begrenzte Lebensdauer oder Lebenserwartung haben. Ist diese Lebenserwartung eines Betriebsmittels nicht bekannt, so kann beispielsweise nach einem festen Zeitplan ein Austausch des Betriebsmittels vorgesehen sein oder das Betriebsmittel kann bis zum tatsächlichen Ende seiner Lebensdauer betrieben werden und erst dann ausgetauscht werden, wenn es ausfällt. Im ersteren Fall entstehen ein unnötig hoher Material-, Wartungs- und Kostenaufwand, während in letzterem Fall eine Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit einer Vorrichtung oder eines Systems, worin das Betriebsmittel eingebunden ist, sinkt.

Um einen unnötig frühen Austausch des Betriebsmittels zu vermeiden, kann beispielsweise mittels bekannter diagnostischer Methoden ein aktueller Istzustand des Betriebsmittels regelmäßig ermittelt und anhand dieses ermittelten Istzustandes entschieden werden, ob das Betriebsmittel ausgetauscht wird oder nicht. Derartige diagnostische Methoden werden üblicherweise offline, das heißt bei abgeschaltetem Zustand des Betriebsmittels, angewendet. Hierdurch wird jedoch ebenfalls die Verfügbarkeit und/oder die Effizienz des Betriebsmittels beziehungsweise dessen Betriebs nachteilig gemindert. Für bestimmte Betriebsmittel kann der Istzustand beispielsweise mittels einer während eines Betriebs des Betriebsmittels durchgeführten Diagnose in Form einer Teilentladungsmessung bestimmt werden. Eine solche Teilentladungsmessung liefert jedoch nur Informationen über mögliche lokale Schwachstellen, wohingegen beispielsweise mögliche Ausfälle des Betriebsmit-

tels aufgrund einer thermischen Alterung zu spät oder gar nicht erkannt werden. Zudem werden für die bekannten diagnostischen Methoden unabhängig davon, ob diese während eines Betriebs des Betriebsmittels anwendbar sind oder nicht, spezielle und aufwendige Messeinrichtungen benötigt.

Darüber hinaus gibt es Alterungsmodelle für einige Betriebsmittel beziehungsweise deren Bestandteile, welche Aussagen bezüglich einer erwarteten Lebensdauer des Betriebsmittels bei genau definierten Standardbedingungen machen können.

Insgesamt sind somit die bisher bekannten und verfügbaren Methoden zur Bestimmung einer erwarteten Lebensdauer oder Restlebensdauer von elektrischen Betriebsmitteln im Allgemeinen mit einem hohen apparativen und personellen Aufwand verbunden, das heißt also aufwendig und teuer, und/oder wenig aussagekräftig oder wenig zuverlässig.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Bestimmung einer Restlebensdauer eines bereits in Betrieb genommenen elektrischen Betriebsmittels zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen sowie in der Beschreibung und in den Zeichnungen angegeben.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels bezogen auf einen Referenzzeitpunkt - das heißt also zum Bestimmen einer Restlebensdauer des Betriebsmittels - wird zunächst ein Alterungsmodell bereitgestellt, welches ein Alterungsverhalten des Betriebsmittels, insbesondere in Abhängigkeit von zumindest einem elektrischen Betriebsparameter des Betriebsmittels, beschreibt. Weiterhin wird zumindest ein Wert des zumindest einen elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels während eines Betriebs des Betriebsmittels erfasst.

Das Alterungsmodell wird dann in Abhängigkeit von dem erfassten Wert des elektrischen Betriebsparameters angepasst. Mit anderen Worten kann das Alterungsmodell mit Hilfe oder unter Berücksichtigung der erfassten Werte beziehungsweise Daten geprüft und bei Bedarf angepasst werden. Schließlich wird die erwartete Lebensdauer des Betriebsmittels anhand des angepassten Alterungsmodells bestimmt.

Ein elektrisches Betriebsmittel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise ein elektrisches Bauelement, eine Baugruppe oder ein Gerät einer elektrischen Anlage sein. Das elektrische Betriebsmittel kann also ein Gegenstand sein, der als Ganzes oder in einzelnen Teilen dem Anwenden elektrischer Energie oder dem Übertragen, Verteilen und Verarbeiten von Informationen dient. Auch elektrische Schutz- und/oder Hilfsmittel können elektrische Betriebsmittel im Sinne der vorliegenden Erfindung sein. Ohne die vorliegende Erfindung hierauf einzuschränken, können Beispiele für elektrische Betriebsmittel etwa elektrische Netze oder Teile davon, Transformatorstationen oder einzelne Transformatoren, Knotenpunkte, Kabel und Leitungen, Schalter oder Relais, Widerstände, Transistoren, Regler, Leistungskomponenten, Antriebskomponenten wie beispielsweise einen Elektromotor oder Teile davon, und dergleichen mehr umfassen.

Die tatsächliche Lebensdauer des Betriebsmittels bezogen auf einen Referenzzeitpunkt gibt diejenige Zeitdauer oder Zeitspanne an, welche von dem Referenzzeitpunkt an bis zu einem zukünftigen Zeitpunkt vergeht, zu welchem das Betriebsmittel eine jeweilige an dieses gestellte Anforderungen aufgrund eines alters- oder alterungsbedingten Zustandes des Betriebsmittels nicht mehr erfüllt. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn das Betriebsmittel ganz oder teilweise ausfällt oder versagt. Ebenso kann das Betriebsmittel jedoch bereits dann ein Ende seiner Lebensdauer erreicht haben, wenn es zwar noch prinzipiell funktionsfähig ist, dies jedoch beispielsweise nur mit eingeschränkter Kapazität oder Effizienz, welche nicht mehr beispielsweise oberhalb eines vorgegebenen

Schwellenwertes liegt. Die erwartete Lebensdauer ist ein berechneter, prognostizierter oder abgeschätzter Wert für die Lebensdauer, der also nicht mit der sich letztlich einstellenden, tatsächlichen Lebensdauer übereinstimmen muss.

In vielen Bereichen, insbesondere in elektrischen Transport- und Verteilernetzen, haben sich Belastungen und Belastungsprofile von Betriebsmitteln, insbesondere also von Netzkomponenten, in den vergangenen Jahren deutlich verändert. Insbesondere hat eine Volatilität oder Fluktuation der Belastungen deutlich zugenommen, beispielsweise aufgrund einer zunehmenden Integration oder Einspeisung erneuerbarer Energien. Dies hat signifikante Auswirkungen auf das Alterungsverhalten des beziehungsweise der Betriebsmittel, sodass bisher verwendete und ausreichende typische Belastungen, Lastkurven und entsprechende Alterungsmodelle nicht mehr oder nur noch bedingt gelten. Dementsprechend ist für eine zustandsorientierte Anlagenwirtschaft (Asset-Management) und Instandhaltungsplanung eine zuverlässige Bestimmung der erwarteten Lebensdauern der verwendeten Betriebsmittel zunehmend notwendig und vorteilhaft.

Der Referenzzeitpunkt kann beispielsweise ein Zeitpunkt einer Herstellung, einer Inbetriebnahme, einer - insbesondere der zuletzt durchgeführten - diagnostischen Messung zur Bestimmung des Istzustandes des Betriebsmittels oder ein Zeitpunkt, zu dem die erwartete Lebensdauer, insbesondere zuletzt, bestimmt worden ist, sein. Somit kann beispielsweise die erwartete Lebensdauer bestimmt werden in Abhängigkeit von einem und/oder bezogen auf einen Istzustand oder Alterungszustand des Betriebsmittels, welcher mittels einer vorherigen Bestimmung und/oder einer vorherigen diagnostischen Messung bestimmt worden ist. Dieser Ist- oder Alterungszustand kann also als Referenzwert für die aktuell bestimmte erwartete Lebensdauer oder eine Veränderung der erwarteten Lebensdauer gegenüber diesem Referenzwert oder einer zum Referenzzeitpunkt bestimmten erwarteten Lebensdauer dienen.

Der elektrische Betriebsparameter kann beispielsweise eine Stromstärke eines durch das Betriebsmittel fließenden und/oder eines durch das Betriebsmittel geschalteten elektrischen Stromes und/oder eine an dem Betriebsmittel anliegende oder durch das Betriebsmittel geschaltete elektrische Spannung sein. Ebenso können jedoch andere Größen, wie beispielsweise ein elektrischer Widerstand, eine elektrische Leistung, ein, insbesondere an dem Betriebsmittel auftretender, elektrischer Verlust oder dergleichen mehr als der elektrische Betriebsparameter verwendet, das heißt erfasst werden. Diese Größen können vorteilhaft mit bekannten Mitteln, wie beispielsweise an dem jeweiligen Betriebsmittel angeordneten entsprechenden Sensoren und/oder Abgreifern, und geringem Material- und Kostenaufwand auch während eines Betriebes des Betriebsmittels erfasst, das heißt gemessen werden.

Das Erfassen oder Messen des elektrischen Betriebsparameters beziehungsweise dessen Wertes kann kontinuierlich oder regelmäßig, beispielsweise in vorgegebenen Zeitabständen oder Intervallen und/oder bei bestimmten Ereignissen, wie beispielsweise einem Einschalten oder einer Inbetriebnahme und/oder bei Erreichen oder Überschreiten eines vorgegebenen Schwellenwertes für den Betriebsparameter durchgeführt werden. Eine kontinuierliche Messung bietet dabei den Vorteil einer vollständigen Erfassung, welche somit eine optimale Zuverlässigkeit und Genauigkeit der bestimmten erwarteten Lebensdauer ermöglicht. Eine Erfassung oder Messung in regelmäßigen Zeitabständen bietet demgegenüber den Vorteil eines geringeren und somit einfacher verarbeitbaren Datenvolumens jeweiliger Erfassungs- oder Messwerte beziehungsweise -daten.

Das Alterungsmodell kann eine oder mehrere Funktionen und/oder Teilfunktionen umfassen, welche als Argumente eine oder mehrere Eingangsgrößen annehmen und verarbeiten können. Als Ergebnis oder Ausgangsgröße liefert das Alterungsmodell die erwartete Lebensdauer beispielsweise in Form einer Zeitspanne oder eines Zeitpunktes. Die Zeitspanne kann dabei insbesondere eine verbleibende Betriebszeit des Betriebsmittels ange-

ben, nach deren Ablauf das Betriebsmittel voraussichtlich, insbesondere unter definierten oder vorgegebenen Voraussetzungen oder Betriebsbedingungen, das Ende seiner Lebensdauer erreicht. Das Alterungsmodell kann ebenso beispielsweise eine oder mehrere Kennlinien und/oder Kennfelder umfassen, welche beispielsweise Zusammenhänge zwischen dem oder mehreren elektrischen Betriebsparametern und einer Alterung oder einem Alterungsverhalten des Betriebsmittels angeben können. Zusätzlich oder alternativ kann das Alterungs- oder Lebensdauermodell beispielsweise zumindest ein, insbesondere selbstlernendes, neuronales Netz umfassen, welches beispielsweise anhand von Messdaten des Betriebsmittels und/oder eines oder mehrerer entsprechender, ähnlicher oder vergleichbarer Betriebsmittel trainiert ist.

Besonders bevorzugt kann das Alterungsmodell beispielsweise thermische und elektrische Einflüsse berücksichtigen, welche zur Alterung des Betriebsmittels beitragen. Zum Abbilden oder Modellieren einer thermischen Alterung kann beispielsweise das Arrhenius-Gesetz, auch bezeichnet als Arrhenius-Gleichung, als Teil des Alterungsmodells verwendet werden. Eine elektrische Alterung des Betriebsmittels kann beispielsweise mittels einer entsprechenden inversen Potenzgleichung (inverse power law) abgebildet oder modelliert werden. Zusätzlich oder alternativ können vorteilhaft Schaltvorgänge beziehungsweise eine Anzahl von Schaltvorgängen des Betriebsmittels in dem Alterungsmodell berücksichtigt werden. Diese können beispielsweise mittels eines Zählers erfasst werden. Eine Berücksichtigung von Schaltvorgängen kann vorteilhaft sein, da hiermit eine Abnutzung des Betriebsmittels einhergehen kann. Insbesondere können bestimmte Betriebsmittel nur eine begrenzte Anzahl von Schaltvorgängen durch- oder ausführen, bevor sie das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben. Dabei kann diese Anzahl abhängen von weiteren Bedingungen, wie etwa einer elektrischen und/oder thermischen Belastung, insbesondere während der Schaltvorgänge. Vorteilhaft kann daher jedem in dem Alterungsmodell berücksichtigten Schaltvorgang ein Gewicht zugeordnet werden, abhängig von wenigstens einem weite-

ren Betriebsparameter und/oder wenigstens einer Umgebungsbedingung, insbesondere des Betriebsmittels, während des jeweiligen Schaltvorgangs.

Zum Bestimmen der erwarteten Lebensdauer kann der Referenzzeitpunkt vorgegeben werden und dann beispielsweise als Eingangsgröße für das Alterungsmodell verwendet werden. Das Anpassen des Alterungsmodells kann beispielsweise durch Ersetzen eines Standardwertes oder einer Nennbedingung in einem bekannten Alterungsmodell durch den erfassten Wert des elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels realisiert werden. Ebenso kann ein Anpassen des Alterungsmodells bedeuten, dass der erfasste Wert, insbesondere der jeweils zuletzt erfasste Wert, in das Alterungsmodell eingesetzt wird. Somit wird also eine Aktualisierung der mittels des Alterungsmodells bestimmten erwarteten Lebensdauer durchgeführt. Diese Aktualisierung oder Neuberechnung der erwarteten Lebensdauer kann kontinuierlich durchgeführt werden, das heißt insbesondere sobald ein neuer Wert des Betriebsparameters erfasst wird. Das Anpassen des Alterungsmodells kann also eine Ausführung oder ein Durchrechnen des Alterungsmodells mit dem erfassten Wert sein, bedeuten und/oder umfassen. Der erfasste Wert kann dabei der tatsächliche Messwert sein, ebenso können jedoch zusätzlich oder alternativ eine Vielzahl von Messwerten und/oder eine daraus abgeleitete Größe, wie beispielsweise ein Durchschnittswert, ein Maximalwert, ein Gradient des Betriebsparameters oder dergleichen mehr verwendet werden. Durch dieses Anpassen des Alterungsmodells beschreibt dieses dann vorteilhaft also individuell und situationsgerecht das tatsächliche Alterungsverhalten des individuellen Betriebsmittels unter den jeweiligen tatsächlich gegebenen oder auftretenden Belastungen beziehungsweise Betriebsbedingungen.

Das Bestimmen der erwarteten Lebensdauer des Betriebsmittels anhand des derart angepassten Alterungsmodells kann beispielsweise durch Lösen oder Berechnen des Alterungsmodells, beispielsweise mittels einer Datenverarbeitungseinrichtung, durchgeführt werden. Die Datenverarbeitungseinrichtung kann

dazu beispielsweise eine Prozessoreinrichtung und eine Speichereinrichtung umfassen. In der Speichereinrichtung, welche einen separaten Aspekt der vorliegenden Erfindung darstellen kann, kann ein die Verfahrensschritte zumindest einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens repräsentierender oder kodierender Programmcode abgelegt sein, der also dazu eingerichtet ist, bei seiner Ausführung durch die Datenverarbeitungseinrichtung oder deren Prozessoreinrichtung das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

Sofern bei dem verwendeten Alterungsmodell notwendig oder vorgesehen, können eine oder mehrere Eingangsgrößen für das Bestimmen der erwarteten Lebensdauer beispielsweise von einer Bedienperson vorgegeben, beispielsweise über eine entsprechende Eingabe- oder Bedienmaske oder -schnittstelle der Datenverarbeitungseinrichtung, vorgegeben oder eingegeben werden. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, dass die Datenverarbeitungseinrichtung einige oder alle der Eingangsgrößen selbsttätig oder automatisch einliest oder, beispielsweise von einer Datenbankeinrichtung oder aus der Speichereinrichtung, abruft. Ebenso ist es möglich, dass das Betriebsmittel eine Speichereinrichtung oder Kennzeichnung sowie gegebenenfalls eine entsprechende Schnittstelle umfasst, wodurch eine Übermittlung von Daten oder Eigenschaften des individuellen Betriebsmittels, welche als Eingangsgrößen für das Alterungsmodell verwendbar sind, ermöglicht wird.

Beispielsweise kann an dem Betriebsmittel ein QR- und/oder Strichcode angeordnet sein, welcher für das Bestimmen der erwarteten Lebensdauer beziehungsweise für das Alterungsmodell relevante Daten und/oder Eigenschaften des Betriebsmittels kodiert. Dieser Code kann beispielsweise bei einem Einbau oder einer Inbetriebnahme des Betriebsmittels eingelesen werden, wodurch die kodierten Daten der Datenverarbeitungseinrichtung bereitgestellt, das heißt insbesondere übermittelt, werden. Die Daten oder Eigenschaften des Betriebsmittels können beispielsweise einen Kabeltyp oder -parameter, ein Material, eine Spezifikation, insbesondere hinsichtlich eines für

einen bestimmungsgemäßen Betrieb vorgesehenen Werteintervalls, insbesondere des Betriebsparameters, und/oder eine Auslegung des Betriebsmittels oder dergleichen mehr umfassen.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet also gegenüber herkömmlichen Methoden insbesondere die Vorteile, dass das Betriebsmittel zur Bestimmung seiner erwarteten Lebensdauer oder verbleibenden Restlebensdauer nicht abgeschaltet oder getrennt werden muss und die bestimmte erwartete Lebensdauer die tatsächliche Situation und Belastung des individuellen Betriebsmittels berücksichtigt und somit besonders genau, zuverlässig und aussagekräftig ist. Besonders vorteilhaft kann die erwartete Lebensdauer zudem mit besonders geringem Material-, Personal-, Mess- und Kostenaufwand bestimmt werden, da der als Basis dienende elektrische Betriebsparameter bevorzugt besonders einfach erfassbar ist und während des Betriebs des Betriebsmittels erfasst wird.

Vorteilhaft kann zumindest ein Grenz- oder Schwellenwert für die erwartete Lebensdauer vorgegeben sein. Nach dem Bestimmen der erwarteten Lebensdauer kann diese dann mit dem vorgegebenen Grenz- oder Schwellenwert verglichen werden. Unterschreitet die bestimmte erwartete Lebensdauer den Grenz- oder Schwellenwert, so kann bevorzugt ein Hinweis oder eine Warnung ausgegeben werden. Bevorzugt können beispielsweise mehrere Grenz- oder Schwellenwerte vorgegeben sein, mit denen die bestimmte erwartete Lebensdauer verglichen wird. Je nach Ergebnis dieses Vergleichs kann dann beispielsweise über eine farbcodierte Anzeige, etwa eine Ampelanzeige, ein Warnhinweis an eine Bedienperson ausgegeben werden.

Alternativ oder zusätzlich kann die bestimmte erwartete Lebensdauer beziehungsweise ein Wert der bestimmten erwarteten Lebensdauer beispielsweise an eine weitere Datenverarbeitungseinrichtung oder ein weiteres Daten verarbeitendes System, beispielsweise ein Asset-Managementsystem, ausgegeben werden. Ebenso ist es möglich, auf Basis der in dem erfindungsgemäßen Verfahren verarbeiteten Größen und/oder der da-

raus bestimmten erwarteten Lebensdauer automatisiert einen Bericht zu erzeugen, welcher dann ebenfalls automatisiert beispielsweise per E-Mail verschickt werden kann.

Die vorliegende Erfindung kann nicht nur bei elektrischen Netzen beziehungsweise Stromnetzen vorteilhaft angewendet werden, sondern beispielsweise auch im Rahmen der sogenannten Industrie 4.0, im Allgemeinen überall dort, wo eine Erfassung oder Überwachung (Monitoring) von elektrischen Betriebsparametern beziehungsweise elektrischen Betriebsmitteln erfolgt oder möglich ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird zum Anpassen des Alterungsmodells zusätzlich eine Teilfunktion des Alterungsmodells gewichtet. Mit anderen Worten kann also in das Alterungsmodell ein Gewichtungsfaktor eingeführt werden und/oder es kann ein als Teil des Alterungsmodells vorgesehener oder vorhandener Gewichtungsfaktor angepasst, das heißt variiert oder verändert werden. Hierdurch kann besonders vorteilhaft das Alterungsmodell auf das individuelle Betriebsmittel und/oder dessen individuelle Situation, insbesondere eine individuelle Belastung oder ein individuelles Belastungsprofil, angepasst werden. Dementsprechend kann eine verbesserte Genauigkeit und Zuverlässigkeit der bestimmten erwarteten Lebensdauer erzielt werden. Bevorzugt kann die Teilfunktion beispielsweise in Abhängigkeit von einem Typ des Referenzzeitpunktes und/oder einer Belastungshistorie des Betriebsmittels und/oder einem Umgebungszustand einer Umgebung des Betriebsmittels und/oder einer Anzahl von an dem Betriebsmittel aufgetretenen Fehlern gewichtet werden. Hierfür können jeweils entsprechende Kennlinien oder Kennfelder vorgegeben sein, welche eine automatische Anpassung des Alterungsmodells ermöglichen.

Mit anderen Worten kann also das Alterungsmodell eine Kombination, beispielsweise eine Linearkombination, von Teilfunktionen umfassen, welche jeweils eine Abhängigkeit der Lebensdauer beziehungsweise der Lebensdauerveränderung oder des Al-

terungsverhaltens des Betriebsmittels von einer bestimmten Einflussgröße, beispielsweise der Spannung oder der Temperatur, beschreiben. Einige oder alle dieser Teilfunktionen können dann einen Gewichtungsfaktor umfassen oder mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert werden.

Der Typ des Referenzzeitpunktes kann dabei beispielsweise angeben, ob es sich bei dem Referenzzeitpunkt um einen Zeitpunkt der Herstellung, der Inbetriebnahme oder etwa einer durchgeführten Messung oder Bestimmung der erwarteten Lebensdauer handelt. Dabei können vorteilhaft auch mehrere unterschiedliche Referenzzeitpunkte berücksichtigt werden. Beispielsweise kann ein Gewichtungsfaktor, welcher einen Einfluss einer Umgebungstemperatur auf die erwartete Lebensdauer charakterisiert, verändert beziehungsweise anders gewählt werden, je nachdem, ob es sich bei dem Referenzzeitpunkt um einen Herstellungszeitpunkt oder einen Zeitpunkt einer Inbetriebnahme handelt. Hierdurch kann vorteilhaft beispielsweise berücksichtigt werden, dass die Umgebungstemperatur das Alterungsverhalten oder die erwartete Lebensdauer des Betriebsmittels unterschiedlich stark beeinflusst, je nachdem, ob sich das Betriebsmittel in Betrieb befindet oder nicht oder beispielsweise nach dem Herstellungszeitpunkt bis zur Inbetriebnahme zunächst gelagert, also nicht betrieben wird oder worden ist.

Ebenso kann beispielsweise eine Spezifikation des Betriebsmittels berücksichtigt werden. Beispielsweise kann ein Betrieb des Betriebsmittels in einer Umgebung, deren Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert, Vibrationsverhalten oder dergleichen, außerhalb einer empfohlenen Betriebsbedingung liegt, durch Anpassen oder Auswählen entsprechender Gewichtungsfaktoren für diese Größen berücksichtigt werden. So kann beispielsweise ein Betrieb des Betriebsmittels bei einer außerhalb der bestimmungsgemäßen Spezifikation liegenden Umgebungstemperatur zu einer überproportional starken thermischen Alterung des Betriebsmittels führen, was dann beispielsweise durch einen größeren beziehungsweise vergrößerte Gewichtungs-

faktor der Temperatur berücksichtigt wird. Auch derartige Betriebszeiten während eines vergangenen Betriebs und/oder beispielsweise in der Vergangenheit aufgetretene Belastungsschwankungen und/oder Belastungsspitzen, welche anhand der Belastungshistorie ermittelt werden können, können das Alterungsverhalten und somit die erwartete Lebensdauer des Betriebsmittels beispielsweise überproportional oder nichtlinear beeinflussen. Bevorzugt werden derartige Effekte also durch entsprechende Gewichtung der zumindest einen Teilfunktion des Alterungsmodells, durch welche der entsprechende Aspekt oder Einfluss beschrieben wird, in dem angepassten Alterungsmodell berücksichtigt.

Durch das Anpassen des Alterungsmodells kann also beispielsweise eine Lebensdauerveränderung oder eine Änderung der erwarteten Lebensdauer beziehungsweise eine Abweichung des erwarteten Alterungsverhaltens des Betriebsmittels gegenüber einem Referenzwert oder Referenzmodell, beispielsweise einem herkömmlichen Alterungsmodell, welches die Alterung des Betriebsmittels unter Nennbedingungen beschreibt, beschrieben oder berücksichtigt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird eine Belastungsprognose des Betriebsmittels bereitgestellt und das Alterungsmodell zusätzlich in Abhängigkeit von der Belastungsprognose angepasst. Die Belastungsprognose kann beispielsweise extern erstellt und dann zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt beziehungsweise abgerufen werden. Ebenso ist es jedoch möglich, dass die Belastungsprognose automatisiert auf Basis einer Belastungshistorie des Betriebsmittels, das heißt also beispielsweise durch Auswertung zuvor, also in der Vergangenheit, erfasster und gespeicherter Werte des Betriebsparameters generiert wird. Hierfür kann beispielsweise eine bekannte Extrapolationsmethode eingesetzt werden. Durch die Berücksichtigung der Belastungsprognose kann die erwartete Lebensdauer vorteilhaft besonders genau und besonders zuverlässig bestimmt werden.

Das Anpassen des Alterungsmodells in Abhängigkeit von der Belastungsprognose kann beispielsweise durch eine Gewichtung einer Teilfunktion und/oder durch Anpassen, also Verändern zumindest eines Gewichtungsfaktors des Alterungsmodells realisiert werden. Beispielsweise kann die Belastungsprognose voraussagen, dass ein Betrieb des Betriebsmittels mit besonders hoher oder niedriger Belastung, beispielsweise einer überdurchschnittlichen oder unterdurchschnittlichen Temperatur, Stromstärke und/oder Spannung, bevorsteht. Dann können beispielsweise entsprechende Gewichtungsfaktoren, welche einen Einfluss der Temperatur, der Stromstärke oder der Spannung auf die erwartete Lebensdauer angeben, vergrößert beziehungsweise verringert werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird der Wert des Betriebsparameters mittels einer einem aktiven Management eines elektrischen Netzes, in welches das Betriebsmittel eingebunden ist, und/oder einer Fehlererkennung dienenden Einrichtung erfasst. Mit anderen Worten wird der Betriebsparameter also mittels einer Einrichtung erfasst, welche beispielsweise ohnehin in oder an dem Betriebsmittel vorgesehen oder mit diesem verbunden ist. Hierdurch kann vorteilhaft eine Doppelfunktionalität dieser Einrichtung und somit eine verbesserte Effizienz realisiert werden. Insbesondere kann die erwartete Lebensdauer somit ohne zusätzlichen Material- und Messaufwand bestimmt werden.

Derartige Einrichtungen für das aktive Netzmanagement und/oder die schnelle Erkennung von Fehlersituationen werden insbesondere im Rahmen der heutzutage zunehmenden Digitalisierung der Energieversorgungsnetze, insbesondere der Verteilernetze, verwendet. Diese Einrichtungen oder Geräte können für ihren primären Verwendungszweck, also das aktive Netzmanagement und/oder die Erkennung von Fehlersituationen, beispielsweise Ströme auf Leitungen und/oder Spannungen in Netzknoten zur Durchführung oder Erfüllung ihres primären oder eigentlichen Verwendungszwecks erfassen. Erfindungsgemäß können diese also ohnehin erfassten Werte oder Daten zum Bestimmen der er-

warteten Lebensdauer des Betriebsmittels verwendet oder genutzt werden.

Bevorzugt kann die Einrichtung, mittels welcher der Wert des Betriebsparameters erfasst wird, eine Berechnungseinrichtung oder -einheit umfassen, mittels welcher die Bestimmung der erwarteten Lebensdauer des Betriebsmittels durchgeführt wird. In einem Netz, einem Verbund oder einer Anlage können also beispielsweise mehrere derartige Einrichtungen vorgesehen sein, mittels welchen die jeweiligen erwarteten Lebensdauern unterschiedlicher Betriebsmittel dann also dezentral bestimmt werden. Dazu kann beispielsweise eine Firmware der Einrichtung oder Einrichtungen um eine das erfindungsgemäße Verfahren abbildende Applikation ergänzt werden.

Um eine Größe dieser Applikation beziehungsweise einen für die Einrichtung benötigten Hardwareaufwand, beispielsweise eine Größe oder Kapazität einer Speichereinrichtung, zu minimieren, kann eine zentrale Rechen- oder Servereinrichtung vorgesehen sein. Diese zentrale Servereinrichtung kann mit der Einrichtung beziehungsweise den Einrichtungen über eine Datenverbindung oder ein Datennetz verbunden sein. Die zentrale Servereinrichtung kann beispielsweise eine Bibliothek mit unterschiedlichen Applikationen für die verschiedenen Einrichtungen und/oder mit unterschiedlichen Alterungsmodellen für verschiedene Betriebsmittel oder Betriebsmitteltypen umfassen. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die jeweilige Applikation und/oder das jeweilige Alterungsmodell von der zentralen Servereinrichtung auf die jeweilige Einrichtung übertragen wird. Dies kann beispielsweise einmalig und initial bei einem Aufbau einer die Einrichtung und das Betriebsmittel umfassenden Infrastruktur beziehungsweise bei einer Inbetriebnahme der Einrichtung und/oder des Betriebsmittels erfolgen. Hierbei können zusätzlich weitere Parameter, Daten und/oder Eigenschaften, insbesondere beispielsweise bezüglich des Betriebsmittels und/oder einer Umgebung und/oder einer Belastung, auf die Einrichtung übertragen werden. Die zentrale Servereinrichtung kann zudem den Vorteil

bieten, dass hier Messwerte, insbesondere Werte von Betriebsparametern und/oder Umgebungsbedingungen - vorteilhaft miteinander korreliert - erfasst, gespeichert und/oder verarbeitet werden können. Dies ermöglicht es also beispielsweise das Alterungsmodell auf Basis einer größeren Datengrundlage zu erstellen und/oder anzupassen. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn die zentrale Servereinrichtung von mehreren Betreibern von Betriebsmitteln genutzt wird, beispielsweise von mehreren Netzbetreibern. Dabei kann durch eine mandantenfähige Ausgestaltung der zentralen Servereinrichtung erreicht werden, dass die einzelnen Betreiber nur jeweils Zugriff auf jeweilige Daten oder Werte ihrer eigenen Betriebsmittel haben. Gleichwohl kann das verwendete Alterungsmodell unter Berücksichtigung der Werte oder Daten von Betriebsmitteln unterschiedlicher Betreiber erstellt und/oder angepasst werden. Hierzu kann beispielsweise eine Verwaltung, das heißt eine Erstellung, Anpassung, Aktualisierung, Bereitstellung oder dergleichen, des Alterungsmodells durch eine von den Betreibern der Betriebsmittel verschiedene Partei, beispielsweise einen Betreiber der zentralen Servereinrichtung, durchgeführt werden.

Ebenso können während des Betriebes, das heißt flexibel oder nach Bedarf, die entsprechenden Daten abgerufen und übertragen werden. Neben der Einsparung von zusätzlicher Hardware ist die Verwendung der ohnehin für das Netzmanagement und/oder die Fehlererkennung vorhandenen Einrichtung zur Bestimmung der erwarteten Lebensdauer vorteilhaft, da hierdurch beispielsweise eine einfachere Datenübertragungsinfrastruktur verwendet oder auf eine solche gänzlich verzichtet werden kann. Beispielsweise müssen keine gemessenen oder sensierten Werte des Betriebsparameters von einem Standort des Betriebsmittels zu der zentralen Servereinrichtung übermittelt werden. Ebenso kann vorteilhaft unmittelbar vor Ort, das heißt also bei dem jeweiligen Betriebsmittel, dessen erwartete Lebensdauer angezeigt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die erwartete Lebensdauer in einem rekursiven und selbstlernenden Prozess oder Verfahren bestimmt. Dabei wird der Referenzzeitpunkt in Abhängigkeit von einer Belastung des Betriebsmittels und/oder in Abhängigkeit von der Bestimmung der erwarteten Lebensdauer, das heißt insbesondere in Abhängigkeit von einem Zeitpunkt einer, insbesondere der letzten, Bestimmung der erwarteten Lebensdauer, automatisch neu festgelegt. Zusätzlich oder alternativ wird eine Belastungsprognose des Betriebsmittels auf Basis vorheriger erfasster Werte des Betriebsparameters automatisch angepasst.

Mit anderen Worten kann das erfindungsgemäße Verfahren also rekursiv und/oder iterativ durchgeführt werden, wobei beispielsweise ein Durchführungs- oder Ausführungszeitpunkt eines Iterationsschrittes den nächsten Iterationsschritt, das heißt die nächste Durchführung des Verfahrens, beeinflussen oder bei diesem Iterationsschritt verwendet werden kann. Es kann also ohne zusätzlichen Messaufwand und ohne Unterbrechung des Betriebs die erwartete Lebensdauer, also die Restlebensdauer des Betriebsmittels oder der Betriebsmittel, die sich in einem Bereich befinden, in dem der Wert des Betriebsparameters erfasst wird, automatisch jeweils auf Basis der aktuellsten verfügbaren Daten durchgeführt werden. So können vorteilhaft die erwartete Lebensdauer und/oder entsprechende Daten besonders genau, zuverlässig und rechtzeitig, insbesondere vor einem Ablauf der erwarteten Lebensdauer, ermittelt und bereitgestellt werden. Es wird somit also effektiv eine Planung der Anlagenwirtschaft beziehungsweise des Asset-Managements und der Instandhaltung in Echtzeit, oder zumindest nahezu in Echtzeit, und ohne Betriebsunterbrechung, das heißt also live ermöglicht.

Konkret kann beispielsweise ein jeweiliger Zeitpunkt der jeweils zuletzt durchgeführten Bestimmung der erwarteten Lebensdauer als Referenzzeitpunkt für die nachfolgende Bestimmung der erwarteten Lebensdauer verwendet werden. Ebenso können jeweils die seit der letzten Bestimmung der erwarteten

Lebensdauer erfassten Werte des Betriebsparameters zur Erstellung der bei der nachfolgenden Bestimmung der erwarteten Lebensdauer berücksichtigten Belastungsprognose verwendet werden. Die Belastungsprognose kann eine Gesamtbelastung oder eine Residuallast betreffen.

Insbesondere wenn bei der Bestimmung der erwarteten Lebensdauer neben konkreten Messwerte auch unsichere Werte, wie beispielsweise eine Belastungsprognose, verwendet werden, kann es sich bei dem Bestimmen der erwarteten Lebensdauer effektiv um ein Abschätzen handeln. Wird keine Belastungsprognose verwendet, so kann alternativ beispielsweise eine durchschnittliche Belastung beziehungsweise ein durchschnittliches Belastungsprofil verwendet werden.

Jedenfalls kann die erwartete Lebensdauer auf diese Weise vorteilhaft zunehmend genauer und zuverlässiger bestimmt werden. Dabei können vorteilhaft jeweilige Ergebnisse mehrerer Iterationsschritte des Verfahrens miteinander verglichen werden. So kann beispielsweise ein Ergebnis eines früheren Iterationsschritts in einem späteren Iterationsschritt mit einem dann vorliegenden tatsächlichen Messwert oder Berechnungsergebnis verglichen werden. Dies kann insbesondere für die Belastungsprognose relevant und vorteilhaft sein. Hierdurch kann also durch einen Vergleich zwischen Prognose und danach eingetretener Realität eine gegebenenfalls vorliegende Abweichung bestimmt und zur Anpassung zukünftiger Prognosen verwendet werden, sodass diese genauer und zuverlässiger sind.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die bestimmte erwartete Lebensdauer zu einem aktuellen Bestimmungszeitpunkt mit einer für diesen Bestimmungszeitpunkt aus zumindest einer vorherigen Bestimmung der erwarteten Lebensdauer abgeleiteten Restlebensdauer verglichen. Wenn oder falls die erwartete Lebensdauer kleiner ist als die abgeleitete Restlebensdauer, kann dann beispielsweise ein Warnhinweis ausgegeben werden. Zusätzlich oder alternativ kann

ein Ergebnis des Vergleiches beispielsweise in einer Datenbank oder dergleichen gespeichert werden.

Der Bestimmungszeitpunkt ist dabei ein Zeitpunkt, zu dem die Bestimmung der erwarteten Lebensdauer durchgeführt wird. Mit anderen Worten wird also beispielsweise zu einem ersten Bestimmungszeitpunkt die erwartete Lebensdauer als Restlebensdauer des Betriebsmittels bestimmt. Zu einem späteren Bestimmungszeitpunkt wird erneut eine dann aktuelle erwartete Lebensdauer bestimmt. Die zuletzt, das heißt zu dem zweiten Bestimmungszeitpunkt, bestimmte erwartete Lebensdauer wird dann mit dem in der ersten Bestimmung für den zweiten Bestimmungszeitpunkt vorhergesagten, das heißt berechneten Lebensdauer beziehungsweise Restlebensdauer verglichen. Ist die zu dem zweiten Bestimmungszeitpunkt bestimmte erwartete Restlebensdauer kleiner als der zu dem ersten Bestimmungszeitpunkt für den zweiten Bestimmungszeitpunkt prognostizierte Wert, so bedeutet dies, dass die Lebenserwartung des Betriebsmittels schneller abnimmt als zu dem ersten Bestimmungszeitpunkt berechnet oder prognostiziert. Mit anderen Worten ist dann also die Lebensdauerveränderung schneller oder stärker ausgefallen oder erfolgt als erwartet. Dies kann beispielsweise als Hinweis auf eine, insbesondere unerwartete, Veränderung des Betriebsmittels, einer Belastung des Betriebsmittels, einer Umgebungsbedingung und/oder einer Einrichtung, beispielsweise eines Netzes, in welche das Betriebsmittel eingebunden ist, interpretiert werden. Die beschriebene Vorgehensweise erlaubt vorteilhaft also eine alternative oder unterstützende beziehungsweise indirekte Diagnose umfassenderer Strukturen oder Situationen.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass das Betriebsmittel aus einem Verbund von mehreren Elementen aufgebaut ist. Bei einem solchen Verbund wird zunächst die jeweilige erwartete Lebensdauer für jedes der Elemente einzeln ermittelt. Anschließend wird die erwartete Lebensdauer des gesamten Betriebsmittels, das heißt des gesamten Verbundes, bestimmt als die geringste der erwarteten

Lebensdauern der einzelnen Elemente des Verbunds. Mit anderen Worten wird also die erwartete Lebensdauer des schwächsten Elements als erwartete Lebensdauer des gesamten Verbundes verwendet. Hierdurch ist vorteilhaft sichergestellt, dass der gesamte Verbund besonders zuverlässig funktionsfähig gehalten werden kann.

Wird dabei eines der Elemente aufgrund seiner Lebenserwartung ausgetauscht und durch ein entsprechendes neues Element ersetzt, so weist das neue Element unter Umständen eine höhere erwartete Lebensdauer als ein anderes Element des Verbundes auf. In diesem Fall wird bei der nächsten Bestimmung der erwarteten Lebensdauer des Verbundes dann also die erwartete Lebensdauer des anderen Elements, welches dann also die kürzeste erwartete Lebensdauer aller Elemente des Verbunds aufweist, als erwartete Lebensdauer des gesamten Verbundes bestimmt. Durch welches der Elemente die erwartete Lebensdauer des Verbundes bestimmt ist, kann demnach also im Laufe der Zeit variieren.

Gleichzeitig ermöglicht die Bestimmung der erwarteten Lebensdauern aller Elemente vorteilhaft eine verbesserte Wartungs- oder Instandhaltungsplanung. In praktischen Anwendungsfällen kann es beispielsweise vorkommen, dass der erfasste Wert des Betriebsparameters, beispielsweise einer Stromstärke und/oder einer Spannung, nicht ein einzelnes Element beschreibt, sondern für mehrere Elemente charakteristisch oder relevant ist. Diese mehreren Elemente können dann als Verbund aufgefasst und somit als ein einzelnes Betriebsmittel interpretiert werden, insbesondere auch dann, wenn es sich real tatsächlich um separate Elemente, Bauteile oder Baugruppen handelt. Beispielsweise kann es sich bei dem Verbund um eine Kabelstrecke handeln, die aus unterschiedlichen Kabeltypen und/oder aus Einzelkabeln besteht, die zu unterschiedlichen Zeiten in die Kabelstrecke eingebaut wurden und deshalb unterschiedliche erwartete Lebensdauern aufweisen.

Zusätzlich oder alternativ zu der Verwendung der geringsten Lebensdauer der Elemente als erwartete Lebensdauer des Verbundes kann eine vorgegebene Prioritätenliste für die Bestimmung der erwarteten Lebensdauer des Verbundes verwendet oder berücksichtigt werden. Die Prioritätenliste kann beispielsweise einzelnen Elementen jeweilige Prioritäten, beispielsweise basierend auf ihrer Wichtigkeit für eine Basisfunktionalität des Verbundes, zuweisen. Dann kann beispielsweise je nach Priorität bestimmt werden, durch welches der Elemente die erwartete Lebensdauer des Verbundes bestimmt wird. Durch eine derartige Prioritätenliste kann vorteilhaft eine individuelle Anpassung der Bestimmung der erwarteten Lebensdauer vorgenommen werden, durch welche beispielsweise spezifische Gegebenheiten berücksichtigt werden können, welche insbesondere durch herkömmliche Alterungsmodelle für komplexe Verbund-Betriebsmittel nicht abgedeckt oder berücksichtigt sind.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann das Alterungsmodell während des Betriebs des Betriebsmittels kontinuierlich oder regelmäßig, insbesondere in vorgegebenen Zeitabständen, in Abhängigkeit von mehreren, insbesondere allen, bis zu einem jeweils aktuellen Zeitpunkt erfassten Werten angepasst werden. Es kann also vorgesehen sein, die Werte kumulativ zu erfassen, das heißt nicht zu verwerfen. Durch das automatische kontinuierliche oder regelmäßig wiederholte Anpassen oder Aktualisieren des Alterungsmodells ist vorteilhaft auch bei wechselnden Betriebsbedingungen stets eine jeweils aktuelle erwartete Lebensdauer bekannt. Insbesondere kann beispielsweise das Alterungsmodell für ein bestimmtes Betriebsmittel, etwa auf Basis einer Analyse oder Auswertung der bis zum jeweiligen Zeitpunkt erfassten Werte oder Daten, auch während des Betriebs des Betriebsmittels kontinuierlich oder regelmäßig angepasst beziehungsweise aktualisiert werden. Das Alterungsmodell - oder die Alterungsmodelle, falls mehrere vorgesehen sind oder verwendet werden - für ein spezifisches Betriebsmittel können also während des jeweiligen Betriebs durch eine Datenanalyse aller gesammelten Daten laufend angepasst werden. Ebenso können

auch andere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens kontinuierlich oder regelmäßig, insbesondere in vorgegebenen Zeitabständen, wiederholt durchgeführt oder angewendet werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die bestimmte erwartete Lebensdauer des Betriebsmittels an eine Steuereinrichtung übermittelt, welche dann einen Betrieb einer das Betriebsmittel umfassenden Vorrichtung in Abhängigkeit von der erwarteten Lebensdauer steuert. Mit anderen Worten kann die Restlebensdauer des Betriebsmittels also als Kriterium beispielsweise für eine Laststeuerung, insbesondere eines elektrischen Netzes, verwendet werden. Hierdurch kann vorteilhaft beispielsweise die Last oder Belastung mehrerer Betriebsmittel derart gesteuert werden, dass eine möglichst gleichmäßige Alterung der verschiedenen Betriebsmittel erreicht wird. Hierdurch kann vorteilhaft ein Wartungs- und Instandhaltungsaufwand einer umfassenden Vorrichtung minimiert werden, da beispielsweise sämtliche Betriebsmittel gleichzeitig ausgetauscht werden können. Dadurch kann vorteilhaft auch eine Verfügbarkeit der umfassenden Vorrichtung verbessert werden, da sie nicht zum Austausch jedes einzelnen Betriebsmittels zu verschiedenen Zeitpunkten, das heißt also nicht mehrfach pro gesamtem Erneuerungszyklus der Betriebsmittel, abgeschaltet werden muss.

Alternativ kann es ebenso möglich sein, die Last oder Belastung mehrerer Betriebsmittel gemäß anderen Kriterien oder in anderer Art und Weise zu steuern, sodass also nicht notwendigerweise durch die Steuerung des Betriebs eine möglichst gleichmäßige Alterung erreicht werden muss. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, durch die Steuerung des Betriebs gezielt zu erreichen, dass verschiedene Betriebsmittel ein Ende ihrer Lebensdauer zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreichen. Dies kann beispielsweise dann besonders vorteilhaft sein, wenn ein einzelnes Betriebsmittel ausgetauscht werden kann, ohne den Betrieb der gesamten umfassenden Vorrichtung zu unterbrechen. Hierdurch kann dann also eine maximale Verfügbar-

keit und Zuverlässigkeit der umfassenden Vorrichtung erreicht werden. Jedenfalls kann durch die Steuerung des Betriebs in Abhängigkeit von der erwarteten Lebensdauer zumindest eines Betriebsmittels eine technisch besonders zuverlässige, wirtschaftlich verbesserte und umweltfreundlichere Betriebsführung der Vorrichtung erreicht werden.

Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die bestimmte erwartete Lebensdauer des Betriebsmittels an eine zentrale Servereinrichtung übermittelt wird. Alternativ kann die erwartete Lebensdauer von der zentralen Servereinrichtung bestimmt werden, wofür beispielsweise der zumindest eine erfasste Wert des Betriebsparameters an diese zentrale Servereinrichtung übermittelt werden kann. Durch eine derartige zentrale Datenerfassung und/oder Datenverwaltung, beispielsweise mittels einer Cloud-Applikation oder eines Netzleitsystems, können vorteilhaft besonders aufwendige Berechnungen, insbesondere für mehrere Betriebsmittel wirtschaftlich und mit minimalem technischem Aufwand durchgeführt werden. Es kann also redundante Hardware eingespart werden. Ebenso können jeweilige Mess- oder Sensorwerte mehrerer Betriebsmittel bei der Bestimmung der erwarteten Lebensdauer eines Betriebsmittels verwendet werden. Hierfür können beispielsweise jeweilige Daten mehrerer Betriebsmittel desselben Typs oder derselben Art als Datenbasis verwendet werden. Durch die Verwendung einer derartigen vergrößerten Datenbasis kann die erwartete Lebensdauer vorteilhaft besonders genau und zuverlässig bestimmt werden. Vorteilhaft ist auch, dass besonders einfach umfangreiche Historien aus einer Vielzahl von Werten des Betriebsparameters gespeichert werden können und besonders einfach und schnell abrufbar sind.

Die zentrale Servereinrichtung kann zudem vorteilhaft weitere Funktionalitäten aufweisen. Beispielsweise kann die zentrale Servereinrichtung über einen Informationsmechanismus verfügen, welcher eine jeweilige Bedienperson bei der Analyse der erfassten und/oder ermittelten Daten entlastet, was insbeson-

dere bei einer Vielzahl von mittels der zentralen Servereinrichtungen verwalteten Betriebsmitteln besonders vorteilhaft ist. Beispielsweise kann die zentrale Servereinrichtung dazu dienen, gebündelt jeweilige erwartete Lebensdauern einer Vielzahl von überwachten Betriebsmitteln, beispielsweise in Form von Tabellen und/oder Grafiken, auszugeben. Ebenso kann die zentrale Servereinrichtung jeweils die bestimmte erwartete Lebensdauer mit einem vorgegebenen Schwellenwert vergleichen, welcher beispielsweise spezifisch für ein individuelles Betriebsmittel oder für einen Typ des jeweiligen Betriebsmittels, beispielsweise einen konkreten Kabeltyp, vorgegeben sein kann.

Ein erfindungsgemäßes System zum Bestimmen oder zur Bestimmung einer erwarteten Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels bezogen auf einen Referenzzeitpunkt umfasst zumindest eine Erfassungseinrichtung, eine Speichereinrichtung und eine Datenverarbeitungseinrichtung. Die Erfassungseinrichtung ist eingerichtet zum Erfassen eines Wertes zumindest eines elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels während eines Betriebs des Betriebsmittels. In der Speichereinrichtung ist ein Alterungsmodell abgelegt, welches ein Alterungsverhalten des Betriebsmittels beschreibt. Die Datenverarbeitungseinrichtung ist eingerichtet zum Anpassen des Alterungsmodells in Abhängigkeit von dem erfassten Wert des Betriebsparameters und zum Bestimmen der erwarteten Lebensdauer des Betriebsmittels anhand des angepassten Alterungsmodells.

Die bisher und im Folgenden angegebenen Eigenschaften und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie die entsprechenden Vorteile sind jeweils sinngemäß auf das erfindungsgemäße System und/oder zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendete oder verwendbare Bauteile und Einrichtungen übertragbar und umgekehrt. Es gehören also zu der Erfindung auch solche Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Systems, welche Ausgestaltungen aufweisen, die hier nicht explizit in der jeweiligen Kombination beschrieben sind.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

Figur 1 eine schematische Veranschaulichung eines Verfahrens zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und

Figur 2 eine schematische und ausschnittweise Darstellung eines elektrischen Netzes, in dem die erwarteten Lebensdauern mehrerer einzelner Betriebsmittel überwacht werden.

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

In den Figuren sind gleiche, funktionsgleiche oder einander entsprechende Elemente mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Figur 1 zeigt schematisch ein beispielhaftes Verfahrensschema 1 eines Verfahrens zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels. Dabei wird zunächst ein Alterungsmodell 2 bereitgestellt, welches ein Alterungsverhalten des Betriebsmittels beschreibt. Zudem wird ein Wert, welcher hier als Messwert 3 bezeichnet wird, zumindest eines

elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels während eines Betriebs des Betriebsmittels erfasst. Der elektrische Betriebsparameter kann insbesondere eine Stromstärke und/oder eine elektrische Spannung sein oder umfassen. Das Betriebsmittel kann beispielsweise ein Teil eines elektrischen Verteilnetzes 20 (vergleiche Figur 2) sein.

Ausgehend von dem ursprünglichen Alterungsmodell 2 kann der Messwert 3 berücksichtigt werden, um eine angepasste Lebensdauerveränderung 4 zu bestimmen beziehungsweise bestimmen zu können. Diese Lebensdauerveränderung 4 kann also beispielsweise eine in Abhängigkeit von dem Messwert 3 angepasste Teilfunktion des Alterungsmodells sein.

Auf Basis dieser an das jeweilige Betriebsmittel angepassten Lebensdauerveränderung 4 beziehungsweise der entsprechenden Lebensdauerveränderungsfunktion kann eine weitere Anpassung vorgenommen werden. Dies kann beispielsweise durch eine Gewichtung 5 der Lebensdauerveränderung 4 beziehungsweise einer oder mehrerer Teilfunktionen des Alterungsmodells 2 erfolgen. Die Gewichtung 5 kann ein Einfügen und/oder verändern zumindest eines Gewichtungsfaktors umfassen. Die Gewichtung 5 kann beispielsweise in Abhängigkeit oder unter Berücksichtigung von einer Belastungsdauer 6 erfolgen. Weitere bei der Gewichtung 5 zu berücksichtigende Einflussgrößen können beispielsweise einen Referenzzeitpunkt, wie beispielsweise einen Zeitpunkt einer Inbetriebnahme 7 des Betriebsmittels, einen Zustand 8 des Betriebsmittels, wie er beispielsweise mittels einer diagnostischen Messung ermittelt werden kann, einen Erfahrungswert 9 bezüglich beispielsweise einer tatsächlichen Lebensdauer von anderen, ähnlichen oder typgleichen Betriebsmitteln, einen geplanten Austausch 10 beziehungsweise dessen Zeitpunkt, eine Belastungshistorie 11 des Betriebsmittels und/oder weitere Zusatzdaten 12 umfassen. Die Belastungshistorie 11 kann beispielsweise zu früheren Zeitpunkten erfasste Messwerte 3 des Betriebsparameters umfassen. Die weiteren Zusatzdaten 12 können beispielsweise eine Umgebungstemperatur und/oder eine Anzahl von bisher an dem oder in Verbindung mit

dem Betriebsmittel aufgetretenen Fehlern umfassen. Für die Gewichtung 5 kann ebenfalls eine Belastungsprognose 13 berücksichtigt werden. Diese kann beispielsweise ausgehend von der Belastungshistorie 11 und/oder unter Berücksichtigung des aktuellen Messwert 3 und/oder der Belastungsdauer 6 automatisch generiert werden. Die Belastungshistorie 11 kann dabei einen durchschnittlichen Belastungswert umfassen. Nach der Gewichtung 5 kann dann individuell an das jeweilige Betriebsmittel und dessen Situation angepasst besonders genau und zuverlässig eine verbleibende Restlebensdauer 14 des Betriebsmittels bestimmt werden.

Die so bestimmte Restlebensdauer 14 kann beispielsweise mittels einer Ausgabe 15 an eine Bedienperson und/oder an ein anderes System, wie beispielsweise ein Asset-Managementsystem bereitgestellt werden. Vorliegend kann dafür beispielsweise eine Ampelanzeige 16 vorgesehen sein, welche ein erstes Anzeigeelement 17, ein zweites Anzeigeelement 18 und ein drittes Anzeigeelement 19 umfassen kann. Die Anzeigeelemente 17, 18, 19 können beispielsweise unterschiedliche Farben aufweisen. Dabei kann beispielsweise mittels des ersten Anzeigeelements 17 – beispielsweise in grüner Farbe – angezeigt werden, wenn oder dass die Restlebensdauer 14 mehr als zehn Jahre beträgt. Mittels des zweiten Anzeigeelements 18 kann – beispielsweise in gelber Farbe – angezeigt werden, wenn oder dass die Restlebensdauer 14 fünf bis zehn Jahre beträgt. Mittels des dritten Anzeigeelements 19 kann – beispielsweise in roter Farbe – angezeigt werden, wenn oder dass die Restlebensdauer 14 weniger als fünf Jahre beträgt.

Figur 2 zeigt eine schematische und ausschnittweise Darstellung des elektrischen Verteilnetzes 20, bei dem es sich beispielsweise um ein Mittelspannungsnetz handeln kann. Vorliegend sind als Teile des elektrischen Verteilnetzes 20 mehrere primäre Transformatorstationen 21 vorgesehen, welche beispielsweise zur Transformation einer Netzspannung von 110 kV auf 20 kV vorgesehen sein können. Diesen primären Transformatorstationen 21 nachgeordnet sind mehrere sekundäre Transfor-

matorstationen 22 des Verteilnetzes 20, welche beispielsweise zur Transformation der Netzspannung von 20 kV auf 0,4 kV vorgesehen sein können. Das elektrische Verteilnetz 20 weist dabei naturgemäß Netzknoten 23 auf, von denen hier nur einer beispielhaft gekennzeichnet ist. Darüber hinaus umfasst das elektrische Verteilnetz 20 mehrere Leitungen 24, von denen hier ebenfalls nur einige beispielhaft gekennzeichnet sind.

Sowohl die Transformatorstationen 21, 22 als auch die Netzknoten 23 und die Leitungen 24 können jeweils ein elektrisches Betriebsmittel sein oder umfassen. Dies können im Falle der Transformatorstationen 21, 22 beispielsweise individuelle Transformatoren, im Falle der Netzknoten 23 beispielsweise eine Schaltungs- oder Verteileinrichtung und im Falle der Leitungen 24 beispielsweise die Leitungen 24 selbst oder Teile beziehungsweise Abschnitte davon sein. Diese einzelnen Betriebsmittel werden jeweils auf ihre erwartete Lebensdauer hin überwacht. Vorliegend sind sowohl an den Transformatorstationen 21, 22 als auch an den Netzknoten 23 und den Leitungen 24 jeweils individuelle Ampelanzeige 16 angeordnet, welche eine jeweilige erwartete Lebensdauer der einzelnen Betriebsmittel anzeigen oder signalisieren.

Die erwarteten Lebensdauern der einzelnen Betriebsmittel der Transformatorstationen 21, 22, der Netzknoten 23 und der Leitungen 24 können dezentral, das heilt jeweils individuell vor Ort bestimmt werden. Dabei kann beispielsweise auf eine Zentraleinrichtung 25 zugegriffen werden, welche direkt oder indirekt mit allen elektrischen Betriebsmitteln des elektrischen Verteilernetzes verbunden sein kann. Ebenso können die einzelnen erwarteten Lebensdauern der individuellen Betriebsmittel zentral mittels der Zentraleinrichtung 25 bestimmt werden. Entsprechende Ergebnisse können dann beispielsweise an die einzelnen Ampelanzeige 16 übermittelt werden. Zusätzlich oder alternativ können die Ampelanzeige 16 für die einzelnen Betriebsmittel und/oder alternative Signalisierungsmittel an oder als Teil der Zentraleinrichtung 25 vorgesehen sein.

Die Zentraleinrichtung 25 kann einen Betrieb des Verteilnetzes 20 in Abhängigkeit der bestimmten erwarteten Lebensdauern der einzelnen Betriebsmittel, das heißt also der Transformatorstationen 21, 22, der Netzknoten 23 und der Leitungen 24, und damit auch deren jeweilige Belastung steuern.

Insgesamt ist gezeigt und beschrieben, wie eine erwartete Lebensdauer eines elektrischen Betriebsmittels bestimmt werden kann, wobei dies beispielsweise im Rahmen eines sogenannten „Live Asset-Management and Maintenance Planning Support System" (LAMPS System) zur unterstützenden Echtzeit-Anlagenwirtschaft und Instandhaltungsplanung realisiert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren (1) zum Bestimmen einer erwarteten Lebensdauer (14) eines elektrischen Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) bezogen auf einen Referenzzeitpunkt (7, 8, 10), gekennzeichnet durch
- Bereitstellen eines Alterungsmodells (2), welches ein Alterungsverhalten des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) beschreibt,
- Erfassen eines Wertes (3) zumindest eines elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) während eines Betriebs des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24),
- Anpassen des Alterungsmodells (2) in Abhängigkeit von dem erfassten Wert (3), und
- Bestimmen der erwarteten Lebensdauer (14) des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) anhand des angepassten Alterungsmodells.

2. Verfahren (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Anpassen des Alterungsmodells (2) zusätzlich eine Teilfunktion (4) des Alterungsmodells (2) gewichtet wird.

3. Verfahren (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilfunktion (2) in Abhängigkeit von einem Typ des Referenzzeitpunktes (7, 8, 10) und/oder einer Belastungshistorie (11) des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) und/oder einem Umgebungszustand (12) und/oder einer Anzahl von an dem Betriebsmittel aufgetretenen Fehlern (12) gewichtet wird (5).

4. Verfahren (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Belastungsprognose (13) des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) bereitgestellt wird und das Alterungsmodell (2) zusätzlich in Abhängigkeit von der Belastungsprognose (13) angepasst wird.

5. Verfahren (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert (3) des Betriebsparameters mittels einer einem aktiven Management eines elektri-

schen Netzes, in welches das Betriebsmittel (21, 22, 23, 24) eingebunden ist, und/oder einer Fehlererkennung dienenden Einrichtung erfasst wird.

6. Verfahren (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erwartete Lebensdauer (14) in einem rekursiven und selbstlernenden Prozess bestimmt wird, wobei

- der Referenzzeitpunkt (8, 10) in Abhängigkeit von einer Belastung des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) und/oder der Bestimmung (1) der erwarteten Lebensdauer (14) automatisch neu festgelegt wird und/oder
- eine Belastungsprognose (13) des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) auf Basis vorheriger erfasster Werte (3) des Betriebsparameters automatisch angepasst wird.

7. Verfahren (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die bestimmte erwartete Lebensdauer (14) zu einem aktuellen Bestimmungszeitpunkt mit einer für diesen Bestimmungszeitpunkt aus zumindest einer vorherigen Bestimmung (1) der erwarteten Lebensdauer (14) abgeleiteten Restlebensdauer verglichen wird.

8. Verfahren (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem aus einem Verbund von mehreren Elementen aufgebauten Betriebsmittel (21, 22, 23, 24) zunächst die jeweilige erwartete Lebensdauer (14) für jedes der Elemente ermittelt und dann die erwartete Lebensdauer (14) des gesamten Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) bestimmt wird als die geringste der erwarteten Lebensdauern (14) der einzelnen Elemente.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Alterungsmodell während des Betriebs des Betriebsmittels kontinuierlich oder regelmäßig, insbesondere in vorgegebenen Zeitabständen, in Abhängigkeit von mehreren, insbesondere allen, bis zu einem jeweils aktuellen Zeitpunkt erfassten Werten angepasst wird.

10. Verfahren (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die bestimmte erwartete Lebensdauer (14) an eine Steuereinrichtung (25) übermittelt, welche dann einen Betrieb einer das Betriebsmittel (21, 22, 23, 24) umfassenden Vorrichtung (20) in Abhängigkeit von der erwarteten Lebensdauer (14) steuert.

11. System zum Bestimmen (1) einer erwarteten Lebensdauer (14) eines elektrischen Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) bezogen auf einen Referenzzeitpunkt (7, 8, 10), wobei das System eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Wertes (3) zumindest eines elektrischen Betriebsparameters des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) während eines Betriebs des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) und eine Speichereinrichtung, in der ein Alterungsmodells (2), welches ein Alterungsverhalten des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) beschreibt, abgelegt ist, und eine Datenverarbeitungseinrichtung zum Anpassen des Alterungsmodells (2) in Abhängigkeit von dem erfassten Wert (3) des Betriebsparameters und zum Bestimmen der erwarteten Lebensdauer (14) des Betriebsmittels (21, 22, 23, 24) anhand des angepassten Alterungsmodells umfasst.

FIG 1

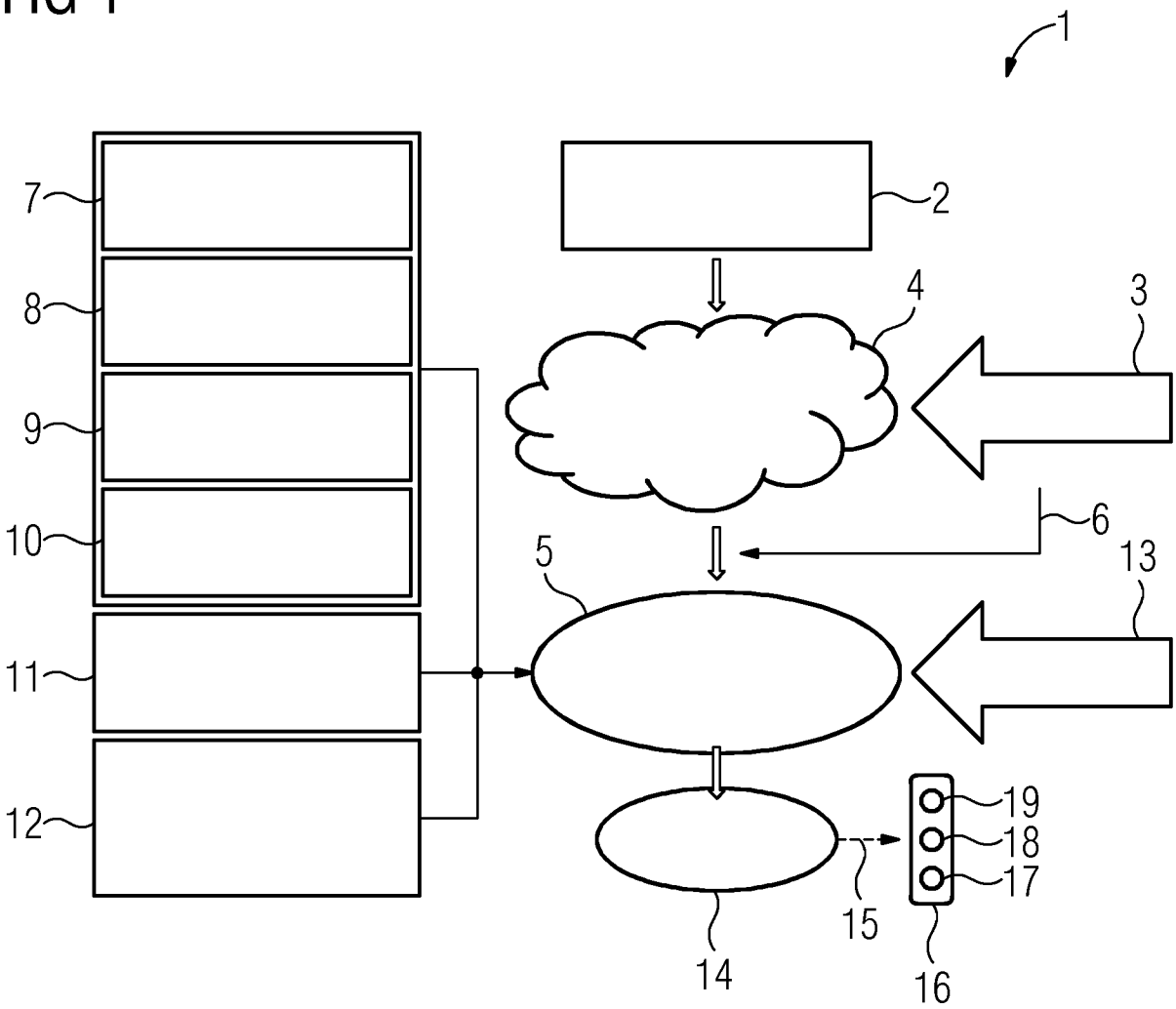
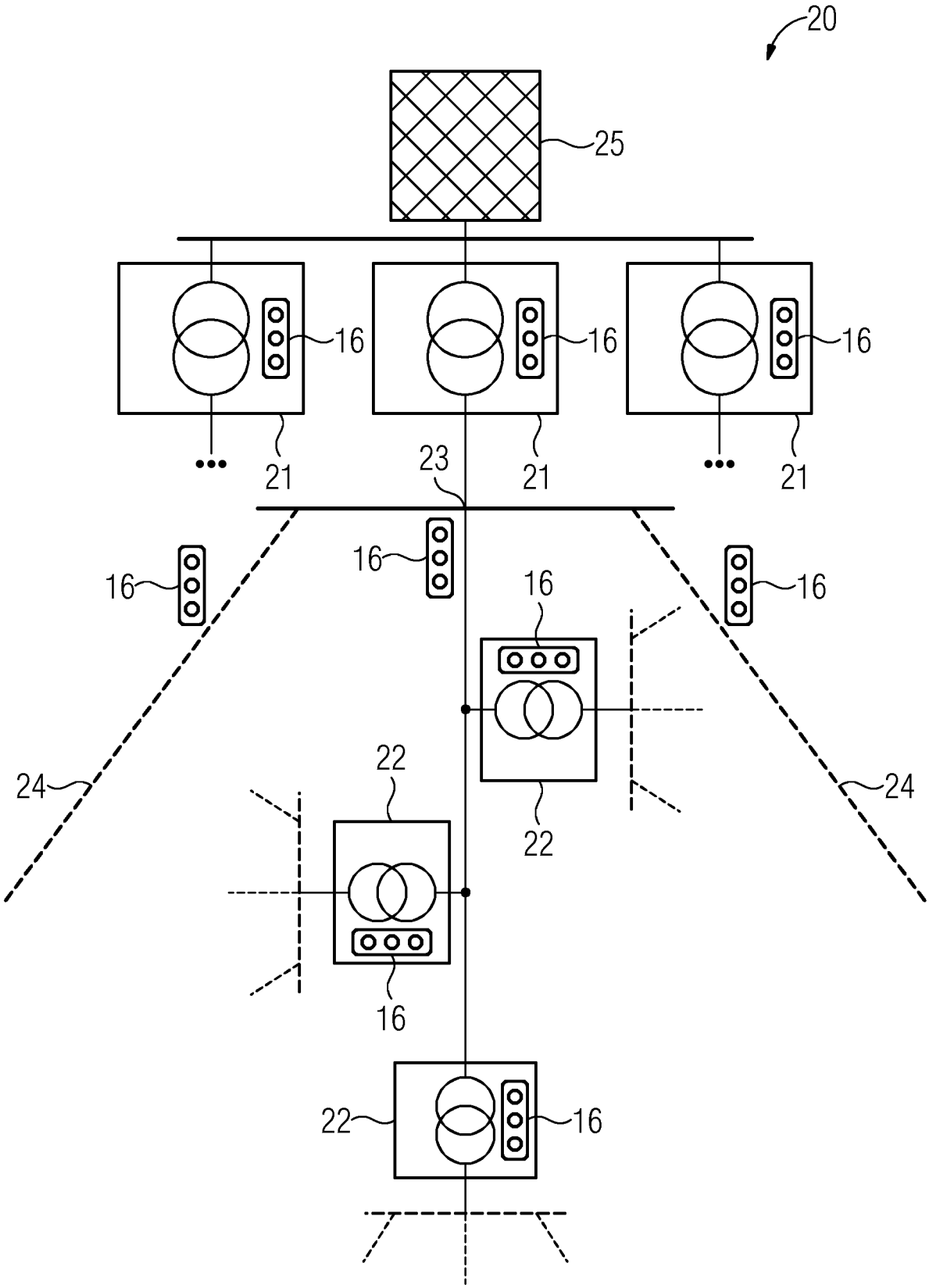


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/053749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G07C3/00 G05B23/02
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)
G07C G05B

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	WO 2012/079753 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; HADI WINARSO ANDRI [DE]; ULLRICH STEFAN [DE]) 21 June 2012 (2012-06-21)	1-3,5, 7-9,11
Y	abstract page 1, line 5 - page 5, line 27 page 7, line 28 - page 10, line 9 claims 1,9,10 figures 1,2,4,6	4,6,10

Y	DE 10 2009 058331 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16 June 2011 (2011-06-16)	4,6
A	abstract paragraph [0001] - paragraph [0012] paragraph [0017] paragraph [0020] - paragraph [0021] claims 1-3 figures 1,2	7

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
18 May 2018	28/05/2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Post, Katharina

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/053749

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 2 056 179 A2 (AVL LIST GMBH [AT]) 6 May 2009 (2009-05-06)	10
A	abstract paragraph [0003] - paragraph [0018] figure 1	8

A	EP 1 956 171 A1 (MARANTEC ANTRIEB STEUERUNG [DE]) 13 August 2008 (2008-08-13) abstract paragraph [0005] - paragraph [0015] figure 2	10

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2018/053749

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012079753 A1	21-06-2012	DE 102010054538 A1	21-06-2012
		WO 2012079753 A1	21-06-2012
DE 102009058331 A1	16-06-2011	NONE	
EP 2056179 A2	06-05-2009	AT 504028 A2	15-02-2008
		CN 101424590 A	06-05-2009
		EP 2056179 A2	06-05-2009
		JP 2009115796 A	28-05-2009
		US 2009118897 A1	07-05-2009
EP 1956171 A1	13-08-2008	CN 101240681 A	13-08-2008
		DE 102007005881 B3	31-07-2008
		EP 1956171 A1	13-08-2008
		ES 2359741 T3	26-05-2011
		US 2008202029 A1	28-08-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/053749

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G07C3/00 G05B23/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G07C G05B

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	WO 2012/079753 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; HADI WINARSO ANDRI [DE]; ULLRICH STEFAN [DE]) 21. Juni 2012 (2012-06-21)	1-3,5, 7-9,11
Y	Zusammenfassung Seite 1, Zeile 5 - Seite 5, Zeile 27 Seite 7, Zeile 28 - Seite 10, Zeile 9 Ansprüche 1,9,10 Abbildungen 1,2,4,6	4,6,10

Y	DE 10 2009 058331 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16. Juni 2011 (2011-06-16)	4,6
A	Zusammenfassung Absatz [0001] - Absatz [0012] Absatz [0017] Absatz [0020] - Absatz [0021] Ansprüche 1-3 Abbildungen 1,2	7

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
18. Mai 2018	28/05/2018

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	Post, Katharina

2

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 2 056 179 A2 (AVL LIST GMBH [AT]) 6. Mai 2009 (2009-05-06)	10
A	Zusammenfassung Absatz [0003] - Absatz [0018] Abbildung 1	8

A	EP 1 956 171 A1 (MARANTEC ANTRIEB STEUERUNG [DE]) 13. August 2008 (2008-08-13) Zusammenfassung Absatz [0005] - Absatz [0015] Abbildung 2	10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/053749

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012079753 A1	21-06-2012	DE 102010054538 A1	21-06-2012
		WO 2012079753 A1	21-06-2012
DE 102009058331 A1	16-06-2011	KEINE	
EP 2056179 A2	06-05-2009	AT 504028 A2	15-02-2008
		CN 101424590 A	06-05-2009
		EP 2056179 A2	06-05-2009
		JP 2009115796 A	28-05-2009
		US 2009118897 A1	07-05-2009
EP 1956171 A1	13-08-2008	CN 101240681 A	13-08-2008
		DE 102007005881 B3	31-07-2008
		EP 1956171 A1	13-08-2008
		ES 2359741 T3	26-05-2011
		US 2008202029 A1	28-08-2008