

(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  
30. April 2020 (30.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/083573 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G01M 13/00 (2019.01) G01H 1/00 (2006.01)  
G06Q 90/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/074990

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. September 2019 (18.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
18202907.4 26. Oktober 2018 (26.10.2018) EP

(71) Anmelder: FLENDER GMBH [DE/DE]; Alfred-Flender-Straße 77, 46395 Bocholt (DE).

(72) Erfinder: MEIS, Jean-Andre; Hasenpatt 6a, 48249 Duellmen (DE). HUSSMANN, Carsten; Schwartzstr. 12, 46397 Bocholt (DE). UHLENDING, Markus; Marktstraße 42, 53859 Niederkassel (DE).

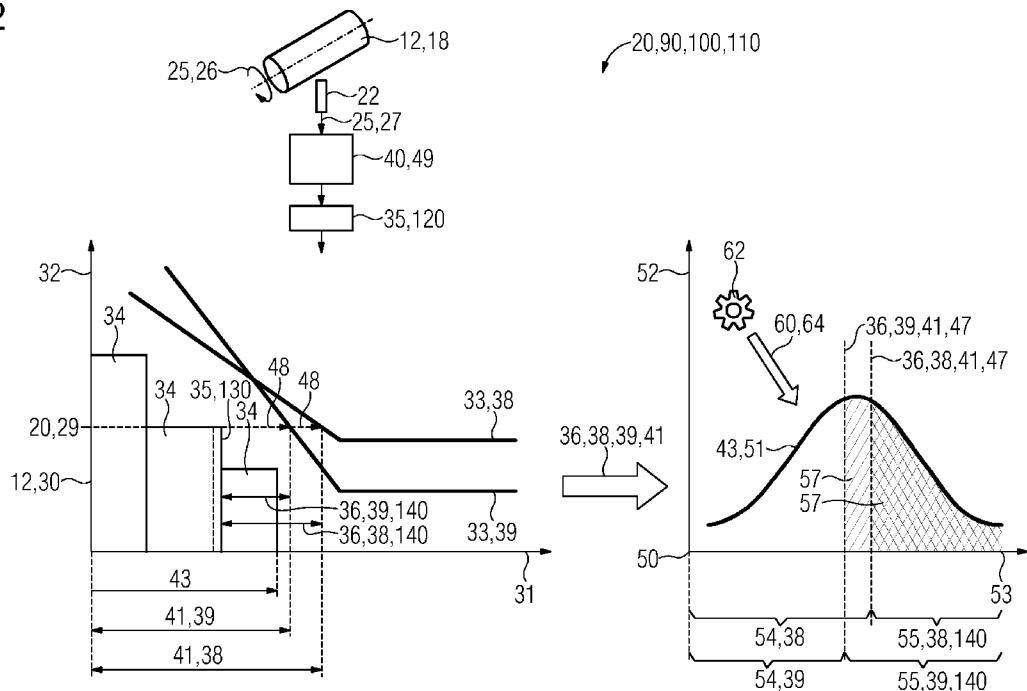
(74) Anwalt: MAIER, Daniel; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

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

(54) Title: IMPROVED OPERATING METHOD FOR TRANSMISSIONS

(54) Bezeichnung: VERBESSERTES BETRIEBSVERFAHREN FÜR GETRIEBE

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to an operating method (100) for a transmission (10) having a plurality of transmission components (12, 12.1, 12.2). In a first step (110), an operating state (20) of the transmission (10) is established and a corresponding mechanical stress (25) on a first transmission component (12, 12.1) is detected. In a second step (120), an amount of damage () to the first transmission component (12, 12.1) is ascertained on the basis of the detected mechanical stress (25) for a first damage mechanism (38). In a third step (130), the amount of damage (35) is added to a defect total (43) in a first defect accumulation model (30) of the first damage mechanism (). In a fourth step (140), a model remaining useful life (36) of the first transmission component (12, 12.1) is ascertained on the basis of the first defect accumulation model (38) and an occurrence probability (57) is ascertained for the model remaining useful



WO 2020/083573 A1

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

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

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

life (36). According to the invention, the occurrence probability (57) for the model remaining useful life (36) is ascertained on the basis of data sets (64) of comparison components (62), which have an identical construction to the first transmission component (12, 12.1). The invention further relates to a corresponding computer program product (80), to an associated control unit (40), to a monitoring system (90) and to a transmission application (95).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Betriebsverfahren (100) für ein Getriebe (10) mit einer Mehrzahl an Getriebe-  
komponenten (12, 12.1, 12.2). In einem ersten Schritt (110) erfolgt ein Herstellen eines Betriebszustands (20) des Getriebes (10) und Erfassen einer korrespondierenden mechanischen Beanspruchung (25) einer ersten Getriebe-  
komponente (12, 12.1). In einem zweiten Schritt (120) erfolgt ein Ermitteln eines Schädigungsbeitrags () an der ersten Getriebe-  
komponente (12, 12.1) anhand der ermittelten mechanischen Beanspruchung (25) für einen ersten Schädigungsmechanismus (38). In einem dritten Schritt (130) erfolgt ein Hinzufügen des Schädigungsbeitrags (35) zu einer Schadenssumme (43) in einem ersten Schadensakkumulationsmodell (30) des ersten Schädigungsmechanismus (). In einem vierten Schritt (140) erfolgt ein Ermitteln einer Modell-Restlebensdauer (36) der ersten Getriebe-  
komponente (12, 12.1) anhand des ersten Schadensakkumulationsmodells (38) und Ermitteln einer Eintrittswahrscheinlichkeit (57) für die Modell-Restlebensdauer (36). Erfindungsgemäß wird die Eintrittswahrscheinlichkeit (57) für die Modell-Restlebensdauer (36) anhand von Datensätzen (64) von Vergleichskomponenten (62) ermittelt, die baugleich zur ersten Getriebe-  
komponente (12, 12.1) ausgebildet sind. Die Erfindung betrifft auch ein entsprechendes Computerprogrammprodukt (80) eine zugehörige Steuereinheit (40), ein Überwachungs-  
system (90) und eine Getriebeapplikation (95).

Beschreibung

Verbessertes Betriebsverfahren für Getriebe

5 Die Erfindung betrifft ein Betriebsverfahren für ein Getriebe, mit dem ein wahrscheinlichkeitsbehafteter Ausfallzeitpunkt für eine Getriebekomponente vorherzusagen ist. Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogrammprodukt, mit dem das beanspruchte Betriebsverfahren umsetzbar ist. Gleichermä-  
10 ßen betrifft die Erfindung eine Steuereinheit für ein Getriebe, die mit einem entsprechenden Computerprogrammprodukt ausgerüstet ist. Die Erfindung betrifft ebenso ein Überwachungssystem, das über eine derartige Steuereinheit verfügt. Ferner betrifft die Erfindung ein Getriebe, das mit einem solchen  
15 Überwachungssystem koppelbar ist und eine Getriebeapplikation, die mit einem korrespondierenden Getriebe ausgestattet ist.

Aus US 2012/0029838 A1 ist ein Getriebe einer Windkraftanlage  
20 bekannt, das mit einer Mehrzahl an Beschleunigungssensoren und Drehzahlsensoren ausgestattet ist. Über diese werden Messdaten erzeugt, die einen Vibrationszustand und eine Drehzahl von zumindest einer Welle abbilden. Die Beschleunigungssensoren und Drehzahlsensoren sind mit einer Steuereinheit  
25 verbunden, die über ein Computerprogramm ausgewertet werden. Basierend hierauf wird vom Computerprogramm ein vorliegender Schädigungszustand des Getriebes ermittelt.

Die Druckschrift US 7,606,673 B2 offenbart ein Verfahren zur  
30 Analyse von Vibrationen eines Lagers. Dabei wird ein Degradationsfaktor ermittelt und mit einer durchschnittlichen Versagensdauer, auch mean-time-to-failure, kurz MTTF, genannt, kombiniert. Hieraus wird eine reduzierte durchschnittliche Versagensdauer, auch reduced-mean-time-to-failure, kurz RMTTF  
35 genannt, ermittelt. Der Degradationsfaktor wiederum wird anhand von Diskriminanten aus einer Frequenzanalyse ermittelt. Weiter wird basierend auf der RMTTF eine Ausfallwahrscheinlichkeit für das Lager ermittelt. Darüber hinaus werden im

Verfahren aus US 7,606,673 B2 die drohenden finanziellen Folgen eines Ausfalls des Lagers und die aktuellen Reparaturkosten ermittelt und einem Benutzer angezeigt.

5 Aus dem Dokument DE 10 2007 017 614 A1 ist ein Betriebsverfahren für Getriebe bekannt, bei dem für rotierende Bauteile des Getriebes eine Schadensakkumulation ermittelt wird. Ferner wird ein Lastkollektiv ermittelt. Ein zu analysierendes Bauteil wird in eine Mehrzahl an Abschnitten eingeteilt und  
10 entsprechend werden individuelle Lastkollektive ermittelt.

Beim Betrieb von Getriebeapplikationen, insbesondere von Windkraftanlagen oder Industrieanwendungen, besteht der Wunsch nach einer immer präziseren Prognose von bevorstehenden Ausfällen von Getriebekomponenten und einer zugehörigen Folgenabschätzung. Ein Nachteil der bekannten Verfahren zur Prognose eines Komponentenausfalls besteht darin, dass deren Vorhersagegenauigkeit hinter den stetig wachsenden Anforderungen zurückbleibt. Es besteht Bedarf an einer Möglichkeit  
15 bei einem Getriebe eine verlässlichere Prognose über bevorstehendes Versagen einer Getriebekomponente zu prognostizieren, die in einfacher Weise und kosteneffizient implementierbar ist.

25 Die Aufgabenstellung wird durch das erfindungsgemäße Betriebsverfahren gelöst. Das Betriebsverfahren dient dem Betrieb eines Getriebes, das eine Mehrzahl an Getriebekomponenten umfasst. Unter einer Getriebekomponente sind dabei beispielsweise Stirnräder, Kegelräder, Planetenräder, Planetenträger, Hohlräder, Sonnenräder, ihre zugehörigen Wellen oder  
30 Achsen, Dichtungen, Gleit- und Wälzlager, Drehmomentstützen, Schrauben, Welle-Nabe-Verbindungen, Passfederverbindungen, Kurzverzahnungen, oder Gehäusekomponenten zu verstehen. Im erfindungsgemäßen Verfahren wird in einem ersten Schritt ein  
35 Betriebszustand des Getriebes herbeigeführt. Ein Betriebszustand ist dabei ein Zustand des Getriebes, in dem mittels Sensordaten insbesondere ein mechanischer Zustand des Getriebes beschreibbar ist. Dies kann ein stationärer Betriebszu-

stand sein, aber auch ein transienter Vorgang, wie beispielsweise eine Beschleunigungsphase. Während des Betriebszustands erfolgt ein Erfassen einer mechanischen Beanspruchung einer ersten Getriebekomponente. Die mechanische Beanspruchung korrespondiert dabei mit dem vorliegenden Betriebszustand. Eine derartige mechanische Beanspruchung einer ersten Getriebekomponente kann beispielsweise eine Torsionsbeanspruchung einer Sonnenwelle, eine auf ein Gleitlager einwirkende Radialkraft oder eine Drehzahl eines Planetenrads sein. Die mechanische Beanspruchung ist, wie im Falle einer Drehzahl eines Planetenrads, unmittelbar ermittelbar oder mittelbar über ein physikalisches Modell aus unmittelbar erfassten Messdaten ableitbar. Dies kann beispielsweise eine Torsionsbeanspruchung einer Sonnenwelle sein, die über eine per Dehnmessstreifen an deren Oberfläche vorliegende Dehnung ermittelt wird. In einem zweiten Schritt wird anhand der ermittelten mechanischen Beanspruchung ein Schädigungsbeitrag für einen ersten Schädigungsmechanismus ermittelt. Eine an- und abschwellende mechanische Spannung an der ersten Getriebekomponente kann beispielsweise als lebensdauerverbrauchende Beanspruchung, also als Schädigungsbeitrag, im Rahmen einer sogenannten Low-Cycle-Fatigue, kurz LCF oder einer sogenannten High-Cycle-Fatigue erfasst und ausgewertet werden. Alternativ oder ergänzend kann der erste Schädigungsmechanismus auch Verschleiß, Zahnbruch oder Pitting an einer Verzahnung ausgebildet sein. Erfindungsgemäß wird der Schädigungsbeitrag für zumindest den ersten Schädigungsmechanismus ermittelt. Der erste Schädigungsmechanismus, also der Typ des Schädigungsvorgangs, ist dabei einstellbar, wobei das Einstellen über einen Algorithmus, eine Tabelle, oder eine Benutzereingabe erfolgen kann.

In einem dritten Schritt erfolgt ein Hinzufügen des Schädigungsbeitrags zu einer Schadenssumme in einem ersten Schadensakkumulationsmodell des ersten Schädigungsmechanismus. Derartige Schadensakkumulationsmodelle existieren für eine Vielzahl an Schädigungsmechanismen, wie beispielsweise die lineare Schadensakkumulation nach Palmgren und Miner. Das

Hinzufügen ist als Addieren im Sinne des entsprechenden Schadensakkumulationsmodells aufzufassen, so dass im dritten Schritt durch die Schadenssumme der Fortschritt des ersten Schädigungsmechanismus ermittelt wird. Ausgehend von der vor-

5 liegenden Schadenssumme erfolgt ein vierter Schritt. Im vier-

ten Schritt erfolgt ein Ermitteln einer Modell-Restlebens-

dauer der ersten Getriebekomponente anhand des ersten Scha-

densakkumulationsmodells. Die Modell-Restlebensdauer stützt

10 sich dabei auf eine vorhandene theoretische Beschreibung des

ersten Schädigungsmodells. Es wird dabei eine voraussichtli-

che Schadenssumme berücksichtigt, bei der die theoretisch ein

Versagen der ersten Getriebekomponente erwartet wird. Anhand

des theoretischen Modells des ersten Schädigungsmechanismus,

mit dem die Modell-Restlebensdauer ermittelt wird, wird auch

15 eine Eintrittswahrscheinlichkeit für das Erreichen der Mo-

dell-Restlebensdauer der ersten Getriebekomponente ermittelt.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit beschreibt beispielsweise,

mit welcher Wahrscheinlichkeit die erste Getriebekomponente

die prognostizierte Modell-Restlebensdauer erreichen wird.

20

Erfindungsgemäß wird die Eintrittswahrscheinlichkeit für die

Modell-Restlebensdauer anhand von Datensätzen ermittelt, die

an Vergleichskomponenten erhoben sind. Die Vergleichskompo-

25 nenten sind im Wesentlichen baugleich zur ersten Getriebekom-

ponente. Zum Erheben der Datensätze wurden oder werden die

Vergleichskomponenten Beanspruchungen unterworfen und das

Schädigungsverhalten, insbesondere das Versagen der entspre-

chenden Vergleichskomponente, erfasst. Basierend auf der

Mehrzahl an Vergleichskomponenten und den entsprechenden Da-

30 tensätzen ist durch statistische Auswertung eine maximale

Schadenssumme, also die erträgliche Schädigung bis zum Versa-

gen, der Vergleichskomponenten und der ersten Getriebekompo-

nenten ermittelbar. Dies wiederum erlaubt eine Aussage über

die Wahrscheinlichkeit, welche maximale Schadenssumme für die

35 erste Getriebekomponente real erträglich ist und damit über

die Eintrittswahrscheinlichkeit, dass die Modell-Restlebens-

dauer durch die erste Getriebekomponente erreichbar ist. Das

erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es damit, gewonnene Erfah-

5 rung von baugleichen Vergleichskomponenten auf die eingesetzte erste Getriebekomponente zu übertragen. Die ermittelte Modell-Restlebensdauer und/oder die entsprechende Eintrittswahrscheinlichkeit sind dabei für einen Benutzer zur Überwachung des Betriebs des Getriebes beispielsweise auf einem  
10 Bildschirm oder Display anzeigbar. Während des Betriebs von langlebigen Getriebeapplikationen, wie beispielsweise Windkraftanlagen oder Industrieanwendungen, steigt damit die Genauigkeit in der Prognose des Versagens von Getriebekomponenten. Je länger das beanspruchte Betriebsverfahren läuft, umso  
15 präziser werden dessen Prognosen aufgrund der wachsenden Erfahrung an Vergleichskomponenten. Aufgrund der im Allgemeinen zunehmenden Reparaturanfälligkeit von Getriebeapplikationen bei zunehmendem Alter wird durch das erfindungsgemäße Verfahren die Wartung der Getriebeapplikationen so besser planbar  
und damit wirtschaftlicher. Hierdurch wird insgesamt die wirtschaftlich sinnvolle Betriebsdauer von Getrieben verlängert.

20 Beim beanspruchten Betriebsverfahren kann auch ein fünfter Schritt erfolgen, in dem ein Ausgeben einer Warnung erfolgt, wenn die Modell-Restlebensdauer einen einstellbaren ersten Schwellenwert und/oder die Eintrittswahrscheinlichkeit einen einstellbaren zweiten Schwellenwert unterschreitet. Ein Unterschreiten des ersten Schwellenwerts kann somit vor einem  
25 voraussichtlichen kurzfristigen Versagen der Getriebekomponente warnen. Ein Unterschreiten des zweiten Schwellenwerts zeigt an, dass nunmehr ein Erreichen einer einstellbaren gewünschten Rest-Lebensdauer hinreichend unwahrscheinlich ist.  
30 Durch Kombinationen von ersten und zweitem Schwellenwerten ist durch einen Benutzer ein Warnprofil einstellbar, das einen vorteilhaften Betrieb des Getriebes erlaubt, in dem unvorhergesehene Ausfälle vermieden werden. Dadurch ist insgesamt ein noch zuverlässigerer und wirtschaftlicherer Betrieb  
35 des Getriebes möglich.

Ferner können die Vergleichskomponenten, anhand deren Datensätzen die Eintrittswahrscheinlichkeit für die Modell-Rest-

lebensdauer ermittelt wird, zumindest teilweise außerhalb des Getriebes eingesetzt werden. Die Vergleichskomponenten sind damit in Fremdgetrieben eingesetzt, die zu einer anderen Getriebeapplikation gehören können. Unter einem Fremdgetriebe ist dabei jegliches Getriebe zu verstehen, das nicht das hier beschriebene Getriebe selbst ist. Die Getriebeapplikation, in der das mit dem beanspruchten Verfahren betriebene Getriebe eingesetzt wird, kann eine andere Getriebeapplikation sein. Beispielsweise können für Wälzlager, Wellen oder Gehäusekomponenten Datensätze von entsprechenden Getriebekomponenten eingesetzt werden, die in Fahrzeuggetrieben eingesetzt werden. Durch die hohen Stückzahlen in der Fahrzeugtechnik ist in einfacher Weise eine Vielzahl an Datensätzen bereitstellbar, die eine verlässliche Beurteilung des entsprechenden Schädigungsmechanismus erlauben. Alternativ oder ergänzend können Datensätze von Vergleichskomponenten durch Messungen in einem Prüffeld gewonnen werden, in dem eine korrespondierende Referenzmaschine betrieben wird. Die Datensätze der Vergleichskomponenten werden für das beanspruchte Verfahren beispielsweise über eine Datenverbindung in einem Speicher zum Abruf zur Verfügung gestellt. Das Betriebsverfahren ist somit in der Lage, eine erhöhte Anzahl an Vergleichskomponenten, aufgrund derer die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit für die Modell-Restlebensdauer erfolgt, zu nutzen. Je mehr Vergleichskomponenten zur Verfügung stehen, umso schneller wächst eine Beurteilungsbasis für die Eintrittswahrscheinlichkeit, was wiederum eine präzisere Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit erlaubt. Insbesondere sind so selten eintretende Schadensereignisse in die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit einbeziehbar, was auch die Genauigkeit bei der Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit steigert.

Beim beanspruchten Betriebsverfahren kann auch im zweiten Schritt anhand der mechanischen Beanspruchung der ersten Getriebekomponente in Kombination mit einer Übertragungsfunktion eine mechanische Beanspruchung einer zweiten Getriebekomponente ermittelt werden. Die Übertragungsfunktion ist dabei

derart ausgebildet, dass zwischen der ersten und zweiten Getriebekomponente ein physikalischer Zusammenhang festgelegt wird. Beispielsweise kann aufgrund einer Radialbeanspruchung eines Wälzlagers an einer Planetenradachse eine statische  
5 Durchbiegung der Planetenradachse ermittelt werden. Ebenso kann eine Übertragungsfunktion aus einem Finite-Elemente-Modell zumindest einer Gehäusekomponente gewonnen werden. Ferner kann durch Freischneiden einer mit einem Torsionsmoment beanspruchten Welle eine Lagerreaktion ermittelt werden.  
10 Ein derartiger physikalischer Zusammenhang ist dabei vorzugsweise in einem Digitalen Zwilling, auch digital twin genannt, von zumindest einer Baugruppe des Getriebes oder des gesamten Getriebes abbildbar. Basierend auf der mechanischen Beanspruchung der zweiten Getriebekomponente werden zumindest der  
15 dritte und vierte Schritt durchgeführt und somit für die zweite Getriebekomponente eine Modell-Restlebensdauer und eine zugehörige Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt. Korrespondierend erfolgen entsprechende Ermittlungen auf Basis von Datensätzen von Vergleichskomponenten, die im Wesentlichen  
20 baugleich mit der zweiten Getriebekomponente sind. Das beanspruchte Verfahren ist somit dazu geeignet, vorhandene Messdaten zu nutzen und weitergehend auszuwerten. Ein Ausrüsten weiterer Getriebekomponenten mit Sensoren ist somit entbehrlich. Dadurch wird der Funktionsumfang des beanspruchten Betriebsverfahrens in einfacher und kosteneffizienter Weise ge-  
25 steigert.

Darüber hinaus kann beim beanspruchten Betriebsverfahren in zweiten Schritt basierend auf der mechanischen Beanspruchung  
30 der ersten Getriebekomponente ein Schädigungsbeitrag für einen zweiten Schädigungsmechanismus ermittelt werden. Anhand des Schädigungsbeitrags werden auch der dritte und vierte Schritt durchgeführt, also eine Schadenssumme, eine Modell-Restlebensdauer und eine korrespondierende Eintrittswahrscheinlichkeit für einen zweiten Schädigungsmechanismus er-  
35 mittelt, der auf die erste Getriebekomponente einwirkt. Durch eine Überwachung und Auswertung mehrerer Schädigungsmechanismen ist eine flexiblere Prognose eines Versagens der ersten

Getriebekomponente möglich. Beispielsweise können bei Schwellbeanspruchungen der ersten Getriebekomponente mit unterschiedlicher Frequenz High-Cycle-Fatigue und Low-Cycle-Fatigue gleichzeitig überwacht werden. Des Weiteren können  
5 als Schädigungsmechanismus Verschleiß, Zahnfußbruch, oder Pitting an einer Verzahnung überwacht werden. Die so gewonnene Vielseitigkeit des beanspruchten Betriebsverfahrens steigert weiter dessen Vorhersagegenauigkeit. Ferner kann in einem weiteren Schritt erfasst werden, auf welchen Schädigungsmechanismus die erste und/oder zweite Getriebekomponente ver-  
10 sagt. Dadurch ist überprüfbar, ob der erste und/oder zweite Schädigungsmechanismus für die entsprechende Getriebekomponente zutreffend gewählt ist. Entsprechende Daten sind als Datensatz bereitstellbar, so dass die vorhandene Erfahrungsbasis für die korrespondierende Getriebekomponente selbsttätig ausbaubar ist. Hierdurch wird die Genauigkeit einer Schädigungsvorhersage weiter gesteigert.

In einer weiteren Ausführungsform des beanspruchten Betriebsverfahrens erfolgt das Ermitteln der Eintrittswahrscheinlichkeit für die Modell-Restlebensdauer mittels einer Verteilungsfunktion von zulässigen Schadenssummen der Vergleichskomponenten. Unter den zulässigen Schadenssummen sind die aggregierten Schädigungsbeiträge zu verstehen, bei denen ein  
25 Versagen der entsprechenden Vergleichskomponente eingetreten ist. Mittels der Verteilungsfunktion ist ermittelbar, welche zulässige Schadenssumme, also maximale Schadenssumme, für die erste Getriebekomponente mit welcher Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Dies umfasst beispielsweise für eine Vergleichskomponente eine Wöhler-Linie, die für die jeweilige Vergleichskomponente individuell ist und sich auf einen bestimmten Schädigungsmechanismus bezieht. Die Datensätze der Vergleichskomponenten, die zur Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit der Modell-Restlebensdauer eingesetzt wird,  
30 können die jeweiligen Wöhler-Linien und/oder zulässigen Schadenssummen, also maximale Schadenssummen, umfassen. Ferner können die Datensätze auch eine Information über den Typ des entsprechenden Schädigungsmechanismus aufweisen, insbesondere

eine Information über einen dominanten Schädigungsmechanismus. Unter einem dominanten Schädigungsmechanismus ist dabei der Schädigungsmechanismus zu verstehen, der voraussichtlich zum Ausfall der Getriebekomponente führen wird, und somit für die Getriebekomponente dimensionierend ist. Zusätzlich kann die Angabe eines dominanten Schädigungsmechanismus spezifisch für unterschiedliche Applikationen im Datensatz gespeichert sein. Dadurch ist ein Erwartungshorizont für den Ausfall der Getriebekomponente genauer beschreibbar.

10

Des Weiteren kann im beanspruchten Betriebsverfahren die vorliegende Schadenssumme während des Ablaufs des Verfahrens veränderbar ausgebildet sein. Die Schadenssumme ist somit während des Betriebs korrigierbar, um beispielsweise Schadensereignisse zu berücksichtigen, die nicht durch Messdaten an der ersten oder einer der weiteren Getriebekomponenten abgebildet sind. Ebenso können lebensdauerverlängernde Maßnahmen durch eine entsprechende Veränderung berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise eine Erneuerung von Getriebeöl oder ein Austausch einer Getriebekomponente sein. Die Veränderung der Schadenssumme kann beispielsweise durch einen Algorithmus erfolgen, durch den Wartungsvorgänge erfassbar sind. Alternativ oder ergänzend kann die Schadenssumme auch durch eine Benutzereingabe veränderbar sein. Infolgedessen ist das beanspruchte Betriebsverfahren dazu geeignet, den vorliegenden Betrieb des Getriebes umfassender abzubilden und so seine Prognosegenauigkeit zu steigern.

20

25

30

35

Im beanspruchten Betriebsverfahren kann in einem weiteren Schritt basierend auf der Modell-Restlebensdauer der ersten Getriebekomponente und/oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit für die erste Getriebekomponente und/oder das Getriebe ein zu erwartender Reparaturaufwand ermittelt werden. Der Reparaturaufwand ist beispielsweise durch Aufruf einer Erfahrungsdatenbank ermittelbar, in der Daten über Arbeitszeitbedarf, Hilfsmittelbedarf, Beschaffungsdauer eines Ersatzteils, und/oder Ersatzteilkosten für den Austausch der ersten Getriebekomponente gespeichert sind. Alternativ oder ergänzend

werden zu erwartende Ausfallfolgeaufwände ermittelt, die bei Ausfall der ersten Getriebekomponente zu erwarten sind. Dies umfasst insbesondere Stillstandszeiten des Getriebes und/oder der zugehörigen Getriebeapplikation. Dies erlaubt einem Benutzer, einen Wartungsvorgang für das Getriebe bzw. die Getriebekomponente zielgerichtet zu planen.

In einer weiteren Ausführungsform des beanspruchten Betriebsverfahrens kann für die erste Getriebekomponente eine Bevorratungsanweisung ausgegeben werden, wenn die Modell-Restlebensdauer den einstellbaren ersten Schwellenwert unterschreitet und/oder die Eintrittswahrscheinlichkeit einen einstellbaren zweiten Schwellenwert unterschreitet. Die Bevorratungsanweisung kann als Nachricht oder Befehl an eine Materialwirtschaftssoftware ausgebildet sein, so dass durch die Bevorratungsanweisung eine Beschaffung eines Ersatzteils für die erste Getriebekomponente eingeleitet wird. Alternativ oder ergänzend können neben dem ersten und/oder zweiten Schwellenwert auch weitere Daten berücksichtigt werden, wie beispielsweise eine Beschaffungsdauer oder verfügbare Kapazität von Wartungspersonal. Insbesondere ist das Unterschreiten des ersten und/oder zweiten Schwellenwerts mit der Bevorratungsanweisung verknüpfbar. Dies erlaubt eine genauere Überwachung des Betriebs des entsprechenden Getriebes inklusive seiner entsprechenden Getriebekomponenten.

Ferner kann das beanspruchte Betriebsverfahren die Modell-Restlebensdauer und/oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit anhand eines einstellbaren Lastniveaus für den Weiterbetrieb erfolgen. Das Lastniveau charakterisiert dabei die zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen der ersten Getriebekomponente. Das einstellbare Lastniveau kann als Extrapolation eines im bisherigen Betrieb vorliegenden Lastniveaus ausgebildet sein. Alternativ kann das einstellbare Lastniveau auch einer geplanten Betriebsweise des Getriebes entsprechen. Weiter alternativ kann das einstellbare Lastniveau als abschnittsweise Kombination eines bisher vorliegenden Lastniveaus und eines Lastniveaus ausgebildet sein, das mit der ge-

planten Betriebsweise korrespondiert. Das Einstellen des Lastniveaus für den Weiterbetrieb ist mittels eines Algorithmus, einer Tabelle und/oder durch eine Benutzereingabe durchführbar. Ein Algorithmus zur Einstellung des Lastniveaus für  
5 einen Weiterbetrieb kann in einer Industrieanwendung beispielsweise mit einer Arbeitsplanungssoftware gekoppelt sein. Bei einer Windkraftanlage kann ein solcher Algorithmus beispielsweise als Prognose anhand einer Wetterdatenbank ausgebildet sein.

10

Darüber hinaus können im beanspruchten Betriebsverfahren zumindest eine mechanische Beanspruchung, zumindest ein Schädigungsbeitrag, zumindest eine Schadenssumme, zumindest eine Typeninformation über einen ersten Schädigungsmechanismus,  
15 zumindest eine Modell-Restlebensdauer und/oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit in einem Datensatz gespeichert werden. Der Datensatz ist beispielsweise auf einem Speicher hinterlegbar, der außerhalb des Getriebes oder der Getriebeapplikation angeordnet ist. Der so hinterlegte Datensatz ist  
20 weiter durch einen Benutzer veränderbar. Ferner kann der so hinterlegte Datensatz als Vergleichsdatsatz für weitere im Wesentlichen baugleiche Getriebekomponenten bereitstellbar. Die mit dem beanspruchten Betriebsverfahren überwachte erste Getriebekomponente dient damit für andere Getriebekomponenten  
25 als Vergleichskomponente. Durch das Zusammenwirken einer Vielzahl an baugleichen Getriebekomponenten ist somit eine Erfahrungsdatenbank erzeugbar, die für eine Vielzahl an Anwendungsfällen eine präzise Prognose über die entsprechenden Getriebekomponenten erlaubt. Ferner ist eine Vielzahl an entsprechend bereitgestellten Datensätzen von baugleichen Ge-  
30 triebekomponenten eine sogenannte Big-Data-Analyse durchführbar, durch die systematisch auftretende Schädigungen ermittelbar sind. Dies können beispielsweise frühzeitige Ausfälle eines bestimmten Lagers sein. Eine solche Big-Data-Analyse  
35 erlaubt es insbesondere, bestehende Konstruktionen zu verbessern und somit eine existierende Modellpalette von Getrieben zielgerichtet zu pflegen. Ferner können Datensätze von Vergleichskomponenten als Eingabe für einen Maschinen-Lern-

Algorithmus dienen und durch den Maschinen-Lern-Algorithmus Muster bei einer Schädigung zu erkennen, die beispielsweise zu einer vorzeitigen Schädigung führen. Dadurch wird aus den Datensätzen, die durch das beanspruchte Verfahren erzeugt werden, ein weitergehender Nutzen gezogen werden.

Die zugrundeliegende Aufgabenstellung wird auch durch das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt gelöst. Das Computerprogrammprodukt ist in nicht-flüchtiger Form auf einem Datenträger, wie beispielsweise einer Festplatte, einem USB-Speicher oder einem optischen Datenträger speicherbar und mit einer entsprechenden Recheneinheit ausführbar. Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt ist dazu ausgebildet, ein Betriebsverfahren nach zumindest einer der oben skizzierten Ausführungsformen für den Betrieb eines Getriebes umzusetzen. Dazu umfasst das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt zumindest ein erstes Teilprogramm. Das zumindest eine erste Teilprogramm ist dazu ausgebildet, das beanspruchte Betriebsverfahren entweder vollständig oder teilweise umzusetzen. Bei einer teilweisen Umsetzung des Betriebsverfahrens ist das erste Teilprogramm zumindest vorübergehend kommunikativ mit einem zweiten Teilprogramm verbunden. Unter einer kommunikativen Verbindung der Teilprogramme ist dabei eine Kopplung unter einseitigem oder gegenseitigem Datenaustausch zu verstehen, beispielsweise eine Internetverbindung. Dadurch sind unterschiedliche Funktionen des zugrundeliegenden Verfahrens mit dem ersten oder zweiten Teilprogramm verwirklicht. Beispielsweise kann eine Einstellung eines Schwellenwerts oder einer Schadenssumme über das zweite Teilprogramm erfolgen während der Abgleich mit diesen Schwellenwerten oder Schadenssummen in ersten Teilprogramm durchgeführt wird. Die erfindungsgemäße Lösung ist damit modularisierbar und deshalb in einfacher Form herstellbar.

Gleichermaßen wird die zugrundeliegende Aufgabenstellung auch durch die erfindungsgemäße Steuereinheit für ein Getriebe gelöst. Die Steuereinheit verfügt über einen Speicher und eine Recheneinheit, die zur Ausführung eines Computerprogrammpro-

dukts ausgebildet sind. Ferner ist die Steuereinheit unmittelbar oder mittelbar mit einer Mehrzahl an Sensoren verbindbar, durch die die erste Getriebekomponente überwachbar ist. Ebenso ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, zugehörige  
5 Messdaten von den Sensoren zu empfangen und auszuwerten. Die Steuereinheit ist erfindungsgemäß mit einem Computerprogrammprodukt gemäß einer der oben dargestellten Ausführungsformen ausgestattet, und somit dazu geeignet, das erfindungsgemäße Betriebsverfahren zu implementieren.

10

Ferner kann die beanspruchte Steuereinheit für ein Getriebe als interne Steuereinheit oder als übergeordnete Steuereinheit ausgebildet sein. Eine interne Steuereinheit ist am Getriebe oder an dessen zugehöriger Getriebeapplikation angebracht. Dies kann eine Montage in oder an einem Gehäuse des  
15 Getriebes sein, oder an einem Maschinenrahmen, an dem das Getriebe befestigt ist. Eine übergeordnete Steuereinheit wiederum kann separat vom zugehörigen Getriebe an einem anderen Ort installiert sein. Beispielsweise kann die übergeordnete  
20 Steuereinheit als Speicherprogrammierbare Steuerung, auch Programmable Logic Controller, kurz PLC, als Leitreechner, als Webserver oder als Computer-Cloud ausgebildet sein. Ebenso können auch zumindest eine interne und eine übergeordnete Steuereinheit vorgesehen sein um das erfindungsgemäße Betriebsverfahren umzusetzen. Dabei sind die interne und die  
25 übergeordnete Steuereinheit zumindest zu einer vorübergehenden kommunikativen Verbindung miteinander ausgebildet.

Ebenso wird die zugrundeliegende Aufgabenstellung durch das  
30 erfindungsgemäße Überwachungssystem gelöst, das dazu ausgebildet ist, zumindest eine erste Getriebekomponente zu überwachen. Das Überwachungssystem umfasst eine Mehrzahl an Sensoren, die jeweils zu einem Erfassen von Messdaten ausgebildet sind. Die mittels der Sensoren ermittelbaren Messdaten  
35 korrespondieren dabei mit zumindest einer mechanischen Beanspruchung, der die erste Getriebekomponente im Betrieb des Getriebes unterworfen ist. Dies können beispielsweise eine Drehzahl und eine Radialbeanspruchung eines Wälzlagers sein.

Das Überwachungssystem umfasst auch zumindest eine Steuereinheit, die mit der Mehrzahl an Sensoren verbunden ist und dazu ausgebildet ist, deren Messdaten zu empfangen und auszuwerten. Die zumindest eine Steuereinheit ist als interne Steuereinheit oder als übergeordnete Steuereinheit im Sinne einer der oben skizzierten Ausführungsformen ausgebildet. Alternativ kann das Überwachungssystem auch eine interne und eine übergeordnete Steuereinheit aufweisen, die zumindest vorübergehend kommunikativ miteinander verbunden sind. Optional kann das Überwachungssystem auch mit einem Musterspeicher versehen sein, in dem eine Mehrzahl an Referenzzuständen abgespeichert ist, die zur weiteren Auswertung eines vorliegenden Betriebszustands einsetzbar sind.

Ferner wird die Aufgabenstellung durch das erfindungsgemäße Getriebe gelöst. Das Getriebe umfasst eine Mehrzahl an Getriebekomponenten und ist als Planetengetriebe, Stirnradgetriebe oder Kegelradgetriebe ausgebildet. Das Getriebe umfasst zumindest eine erste Getriebekomponente und ist mit zumindest einem Sensor gekoppelt, wobei der Sensor einem Überwachungssystem zugeordnet ist. Das Überwachungssystem ist gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet. Das erfindungsgemäße Getriebe ist somit mittels des oben beschriebenen Betriebsverfahrens überwachbar und eine bevorstehende Schädigung der ersten Getriebekomponente ist somit zuverlässig vorhersagbar.

Die zugrundeliegende Aufgabenstellung wird gleichermaßen durch die erfindungsgemäße Getriebeapplikation gelöst, die eine Antriebseinheit und eine Abtriebseinheit umfasst. Zwischen der Antriebseinheit und der Abtriebseinheit ist drehmomentübertragend ein Getriebe angeordnet, das von der Antriebseinheit zur Abtriebseinheit zu einer Drehzahländerung ausgebildet ist. Die Antriebseinheit kann dabei beispielsweise an Windrotor, als Elektromotor, als Verbrennungsmotor oder als Hydraulikmotor ausgebildet sein. Die Abtriebseinheit kann als Generator oder als mechanische Anwendung, wie beispielsweise eine Rohrmühle, eine Zementmühle, eine Vertikalmühle,

als Extruder, als Förderband, als Pumpe, als Kompressor, als Hubanlage, oder als Schrott- oder Müllpresse ausgebildet sein. Weiter alternativ kann die Abtriebseinheit auch als Welle eines Fahrzeugantriebs ausgebildet sein. Dementsprechend ist die Getriebeapplikation als Windkraftanlage, als 5 Industrieanwendung, als Landfahrzeug, als Wasserfahrzeug oder als Luftfahrzeug ausgebildet sein. Eine Industrieanwendung kann dabei als Mühle, Vertikalmühle, Zuckermühle, Zementmühle, Gesteinsbrecher, Förderband, Pumpe, Rollenpresse, Plattenband, Rohrmühle, Drehrohrofen, Drehwerk, Rührwerk, Hubvorrichtung Müllpresse oder Schrottpresse ausgebildet sein. Erfindungsgemäß ist das Getriebe gemäß einer der oben skizzierten Ausführungsformen ausgebildet. Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens wird ein zuverlässigerer 10 Betrieb des Getriebes erzielt, so dass die Ausfallsicherheit bei den Getriebeapplikationen erhöht ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand einzelner Ausführungsformen beschrieben. Die Merkmale der einzelnen Ausführungsformen sind dabei untereinander kombinierbar. Die Figuren sind insoweit in gegenseitiger Ergänzung zu lesen, dass gleiche Bezugszeichen in den Figuren auch die gleichen technischen Bedeutungen haben. Es zeigen im Einzelnen:

25 FIG 1 einen schematischen Aufbau einer ersten Ausführungsform des beanspruchten Getriebes;

FIG 2 einen schematischen Ablauf einer ersten Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens;

30

FIG 3 ein Diagramm zu einem Schritt des beanspruchten Verfahrens;

35 FIG 4 einen schematischen Ablauf einer zweiten Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens;

FIG 5 einen schematischen Ablauf einer dritten Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens;

FIG 6 einen schematischen Aufbau eines beanspruchten Überwachungssystems;

5 FIG 7 einen schematischen Aufbau einer beanspruchten Getriebeapplikation.

FIG 1 zeigt schematisch einen Aufbau einer ersten Ausführungsform eines beanspruchten Getriebes 10, das über Sensoren 22 und eine als interne Steuereinheit 42 ausgebildete Steuereinheit 40 verfügt, mit denen das beanspruchte Verfahren 100 umgesetzt wird. Das Getriebe 10 umfasst ein Gehäuse 11, in oder an dem eine Mehrzahl an Getriebekomponenten 12 aufgenommen ist. Die Getriebekomponenten 12 sind als Zahnräder 14, als Wellen 16 und als Lager 18 ausgebildet. Das Getriebe 10 ist ohne Beschränkung der Allgemeinheit der Erfindung in FIG 1 als Stirnradgetriebe ausgebildet. Die Zahnräder 14 sind auf den Wellen 16 angebracht, die wiederum in Lagern 18 drehbar aufgenommen sind. Die Lager 18 sind am Gehäuse 11 befestigt. Jedes der Getriebekomponenten 12, also jedes Zahnrad 14, jede Welle 16 und jedes Lager 18, sind mit einem Sensor 22 versehen, der dazu geeignet ist, während eines Betriebs des Getriebes 10 eine mechanische Beanspruchung 25 der entsprechenden Getriebekomponente 12 mittelbar oder unmittelbar zu erfassen. Dazu sind die Sensoren 22 als Dehnungsmessstreifen, kurz DMS, als Kraftaufnehmer, als Temperatursensor, Drehzahlsensor, Oberflächenwellensensor, kurz OFW-Sensor, als Kamera, oder eine Kombination dieser ausgebildet. Unter einem unmittelbaren Erfassen einer mechanischen Beanspruchung 25 ist beispielsweise ein Erfassen einer Dehnung an einer Oberfläche einer Welle 16 mit einem DMS oder einem OFW-Sensor zu verstehen. Unter einem mittelbaren Erfassen einer mechanischen Beanspruchung 25 ist beispielsweise eine Temperaturerfassung eines Lagers 18 zu verstehen, wobei aus der erfassten Temperatur ein thermischer Dehnungszustand des Lagers mittels eines entsprechenden Modells ermittelbar ist. Die Sensoren 22 sind dazu ausgebildet, dementsprechend Messdaten 27 zu erzeugen, die an eine Steuereinheit 40 übermittelt werden. Bei einem mittelbaren Erfassen der mechanischen Beanspruchung 25

einer Getriebekomponente 12 ist die mechanische Beanspruchung 25 von zumindest einer der Steuereinheiten 40 aus den empfangenen Messdaten 27 ermittelbar.

5 Die interne Steuereinheit 42 ist mit einer weiteren Steuereinheit 40 verbunden, die als übergeordnete Steuereinheit 44 ausgebildet ist. Die Steuereinheiten 40 sind über eine Datenverbindung 45 kommunikativ miteinander gekoppelt. Auf beiden Steuereinheiten 40 ist ein Computerprogrammprodukt 80 in  
10 nicht-flüchtiger Form ausführbar gespeichert, das im Betrieb des Getriebes 10 auch ausgeführt wird. Die Computerprogrammprodukte 80 sind zur Verarbeitung der empfangenen Messdaten 27 geeignet und dazu ausgebildet, mittels der Messdaten 27 am Getriebe 10 das erfindungsgemäße Verfahren 100 umzusetzen.  
15 Durch die Datenverbindung 45 sind zwischen der internen Steuereinheit 42 und der übergeordneten Steuereinheit 44 auch Parameter 73 austauschbar, durch die der Ablauf des Verfahrens 100 beeinflusst wird. Die Parameter 73, die in der internen Steuereinheit 42 für den Ablauf des Verfahrens 100 eingesetzt  
20 werden, sind dadurch in puncto Typ und Wert durch die übergeordnete Steuereinheit 44 als Vorgabe 77 einstellbar. Ebenso sind Vorgaben 77 zum Verfahren 100 zwischen der übergeordneten Steuereinheit 44 und der internen Steuereinheit 42 austauschbar, die durch einen Algorithmus 79 vorgeben werden.  
25 Ein solcher Algorithmus 79 ist dabei auf der internen Steuereinheit 42 und der übergeordneten Steuereinheit 44 ausführbar. Ebenso sind die Vorgaben 77 durch eine Benutzereingabe 78 erzeugbar, die an der übergeordneten Steuereinheit 44 erfolgt. Die übergeordnete Steuereinheit 44 ist auch mit einer  
30 Datenbank 60 über eine Datenverbindung 45 kommunikativ gekoppelt. In der Datenbank 60 sind Datensätze 64 von Vergleichskomponenten 62 gespeichert, die als Parameter 73 auch an die interne Steuereinheit 42 weiterleitbar sind. Die Datensätze 64 der Vergleichskomponenten 62 werden zur Durchführung des  
35 erfindungsgemäßen Verfahrens 100 als Vergleichswerte eingesetzt. Dabei handelt es sich um Vergleichskomponenten 62, die im Wesentlichen baugleich mit der entsprechenden Getriebekomponente 12 ist, die durch das Verfahren 100 zu überwachen

ist. Ferner ist die übergeordnete Steuereinheit 44 mit einem Materialwirtschaftssystem 68 über eine Datenverbindung 45 kommunikativ verbunden. Die übergeordnete Steuereinheit 44 ist dazu ausgebildet, eine Bevorratungsanweisung 66 an das  
5 Materialwirtschaftssystem 68 auszugeben um so beispielsweise bei einem bevorstehenden Ausfall einer Getriebekomponente 12 ein entsprechendes Ersatzteil zu reservieren oder beschaffen zu lassen. Gleichermaßen ist die übergeordnete Steuereinheit 44 dazu geeignet eine Warnung 65 an einen Benutzer auszuge-  
10 ben, wenn durch das Verfahren 100 ermittelt wird, dass ein Ausfall einer Getriebekomponente 12 bevorsteht.

In FIG 1 ist das Getriebe 10 in einem Betriebszustand 20 dargestellt, in dem ein erster Verfahrensschritt 110 durchge-  
15 führt wird. Es wird Antriebsleistung 21 zugeführt, die unter Berücksichtigung mechanischer Verluste als Abtriebsleistung 23 vom Getriebe 10 wieder abgegeben wird. Durch die Antriebsleistung 21 stellen sich in den Getriebekomponenten 12 die mechanischen Beanspruchungen 25 ein, die durch die Sensoren  
20 22 erfasst werden. Unter dem Betriebszustand 20, von dem das Verfahren 100 im ersten Verfahrensschritt 110 ausgeht, ist ein Betriebszustand zu verstehen, in denen durch die Sensoren 22 im Sinne des Verfahrens 100 nutzbare Messdaten 27 erzeugt werden. Der Betriebszustand 20 kann dabei ein stationärer Be-  
25 triebszustand sein oder ein transienter Vorgang, beispielsweise eine Beschleunigung.

In FIG 2 ist schematisch ein weiterer Ablauf einer Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 dargestellt, das  
30 an einer Getriebekomponente 12 wie in FIG 1 ausgeführt wird. Die Getriebekomponente 12 ist dabei eine Welle 18, die mit einem Sensor 22 gekoppelt ist. Die Getriebekomponente 12, also die Welle 18, ist während eines in einem ersten Verfahrensschritt 110 vorliegenden Betriebszustands 20, einer Torsionslast 26 unterworfen. Durch die Torsionslast 26 wird eine  
35 mechanische Beanspruchung 25 der Welle 18 hervorgerufen, die in Form von Messdaten 27 erfasst wird und an eine Verarbeitungseinheit 49 der Steuereinheit 40 gesendet wird. Mittels

der Verarbeitungseinheit 49, die einzeln oder modular der internen und/oder übergeordneten Steuereinheit 42, 44 zugeordnet sein kann, erfolgt in einem zweiten Verfahrensschritt 120 ein Ermitteln eines Schädigungsbeitrags 35. Der Schädigungsbeitrag 35 entspricht dabei einer Schädigung der überwachten Getriebekomponente 12, also der Welle 18, die durch die erfasste mechanische Beanspruchung 25 hervorgerufen wird. Das Ermitteln des Schädigungsbeitrags 35 erfolgt im Rahmen eines jeweiligen Schadensakkumulationsmodells 30, das für die Getriebekomponente 12 einstellbar ist.

Das Schadensakkumulationsmodell 30 für die entsprechende Getriebekomponente 12 ist in FIG 2 durch das linke Diagramm dargestellt. Es umfasst eine horizontale Lastspielwechselachse 31 und eine vertikale Intensitätsachse 32 für einwirkende Lastspiele. Zum Schadensakkumulationsmodell 30 gehören auch Modell-Grenzlinien 33, die jeweils einem ersten oder zweiten Schädigungsmechanismus 38, 39 zugeordnet sind. Durch die Modell-Grenzlinien 33 wird jeweils vorgegeben, bei welcher Schadenssumme 43 das Schadensakkumulationsmodell 30 beim entsprechenden Schädigungsmechanismus 38, 39 von einem Versagen der Getriebekomponente 12 ausgeht. Dies können beispielsweise LCF und HCF, Verschleiß, Zahnfußbruch oder Pitting an einer Verzahnung sein. Der im zweiten Verfahrensschritt 120 ermittelte Schädigungsbeitrag 35, der im Betriebszustand 20 eintritt, wird in einem dritten Verfahrensschritt 130 im vorhandenen Schadensakkumulationsmodell 30 in einer Schadensgruppe 34 zu einer bereits vorliegenden Schadenssumme 43 addiert. Die Schadenssumme 43 ist, wie in FIG 1 gezeigt, eine Aggregation aus Schädigungen in einzelnen Schadensgruppen 34 unterschiedlicher Intensität. Des Weiteren wird in einem vierten Verfahrensschritt 140 für eine einstellbares Lastniveau 29 ermittelt, welche Modell-Restlebensdauer 36 der Getriebekomponente 12 verbleibt. Diese Ermittlung der Modell-Restlebensdauer 36 ist in FIG 2 auch durch die Pfeile 48 veranschaulicht, deren Länge von einem mit dem Lastniveau 29 korrespondierenden Block der entsprechenden Schadensgruppe 34 zur Modell-Grenzlinie 33 des ersten oder zweiten Schädigungsmecha-

nismus 38, 39. Hieraus ergeben sich jeweils beim ersten und zweiten Schädigungsmechanismus 38, 39 aus den entsprechenden Modell-Restlebensdauern 36 korrespondierende Modell-Gesamtlebensdauern 41 der Getriebekomponente 12.

5

Basierend auf den Modell-Restlebensdauern 36 für den ersten und zweiten Schädigungsmechanismus 38, 39, und damit den Modell-Gesamtlebensdauern 41 der Getriebekomponente 12 erfolgt eine Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeiten 57 dafür,  
10 dass die Getriebekomponente 12 die entsprechende Modell-Gesamtlebensdauer 41 auch real erreicht. Dies ist in FIG 2 im rechten Verteilungsdiagramm 50 dargestellt, das eine horizontale Lebensdauer-Achse 53 und eine vertikale Häufigkeitsachse 52 umfasst. Das Diagramm weist auch eine Kurve einer Verteilungsfunktion 51 auf, die wiedergibt, mit welcher Häufigkeit  
15 bei mit der Getriebekomponente 12 baugleichen Vergleichskomponenten 62 im Betrieb eine bestimmte Schadenssumme 43 erreicht wird. Im Verteilungsdiagramm 50 wird im vierten Verfahrensschritt 140 durch eine vertikale Linie 47 vorgegeben,  
20 welche Modell-Gesamtlebensdauer 41 bei einem ersten oder zweiten Schädigungsmechanismus 38, 39 und einer zuvor ermittelten Modell-Restlebensdauer 36 von der Getriebekomponente 12 gefordert sind. Dadurch ergeben sich für die Schädigungsmechanismen 38, 39 jeweils im Verteilungsdiagramm 50 ein  
25 Überlebensbereich 55 und ein Versagensbereich 54. Die jeweilige Fläche unter der Verteilungsfunktion 51 im entsprechenden Überlebensbereich 55 korrespondiert mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit 57, mit der die Getriebekomponente 12 eine geforderte Modell-Restlebensdauer 36 für den jeweiligen Schädigungsmechanismus 38, 39 übertrifft. Folglich ist feststellbar, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Getriebekomponente 12 auch die geforderte Modell-Restlebensdauer 36 erreichen wird. Die Verteilungsfunktion 51 ist durch eine Mehrzahl an Datensätzen 64 von Vergleichskomponenten 62 vorgegeben, die in einer Datenbank 60 gespeichert sind. Die Datensätze 64 werden  
35 mittels einer Vielzahl an Vergleichskomponenten 62 dauerhaft aktualisiert, so dass Erfahrungen von Benutzern von baugleichen Vergleichskomponenten 62 für die Getriebekomponente 12

genutzt werden können. Durch eine derart aktualisierte Verteilungsfunktion 51 sind unter anderem unvorhergesehen lange Lebensdauern, also unvorhergesehen hohe Schadenssummen 43 bis zu einem Versagen, von Getriebekomponenten 12 im Betrieb aus-  
5 nutzbar. Umgekehrt sind überraschend kurze Lebensdauern, also niedrige Schadenssummen 43 bis zu einem Versagen, berücksichtigbar. Durch ein ständiges Aktualisieren der Verteilungsfunktion 51 mittels Vergleichskomponenten 62 wird ein dynamisches Überwachungssystem 90 verwirklicht, das mit zunehmender  
10 Betriebsdauer zuverlässiger und präziser in der Vorhersage von Versagen von Getriebekomponenten 12 wird.

FIG 3 zeigt schematisch einen weiteren Aspekt des fünften Verfahrensschritts 150 des beanspruchten Verfahrens 100. Insbesondere wird mit dem in FIG 3 gezeigten Auswertediagramm 70 ein Warn- oder Reaktionsverhalten des Verfahrens 100 dargestellt. Das Auswertediagramm 70 umfasst eine horizontale Zeitachse 71 und eine vertikale Größenachse 72, an der eine Modell-Restlebensdauer 36 und eine Eintrittswahrscheinlichkeit 57 dazu angetragen sind. Beide Größen sind in FIG 4 für den ersten Schädigungsmechanismus 38 dargestellt und beziehen sich auf eine Getriebekomponente 12, die als Zahnrad 14, als Welle 16 oder als Lager 18 ausgebildet sein kann. Die Getriebekomponente 12 ist entlang der Zeitachse 71 ferner einem  
25 vorgebbaren Lastniveau 29 unterworfen. Die Modell-Restlebensdauer 36 und die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 nehmen entlang der Zeitachse 71 ab. Sowohl für die Modell-Restlebensdauer 36 ist ein einstellbarer erster Schwellenwert 75 definiert. Bei einem Unterschreiten des ersten Schwellenwerts 75  
30 durch die Modell-Restlebensdauer 36 wird eine Warnung 65 und/oder eine Bevorratungsanweisung 66 ausgelöst. Damit wird ein Benutzer vor einem bevorstehenden Versagen der Getriebekomponente 12 gewarnt bzw. das Bereitstellen eines Ersatzteils veranlasst. In analoger Weise ist für die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 ein einstellbarer zweiter Schwellenwert  
35 76 vorgegeben. Bei einem Unterschreiten des zweiten Schwellenwerts 76 durch die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 wird auch eine Warnung 65 und/oder eine Bevorratungsanweisung 66

für die Getriebekomponente 12 ausgegeben. Der erste und zweite Schwellenwert 75, 76 gehören zu den Parametern 73, die wie in FIG 1 dargestellt, den Ablauf des Verfahrens 100 beeinflussen und sind durch eine Benutzereingabe 78 oder einen Algorithmus 79 vorgebar.

In FIG 4 ist schematisch der Ablauf einer zweiten Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 dargestellt. Das Verfahren 100 geht von einem ersten Verfahrensschritt 110 aus, in dem das Getriebe 10 mit der Mehrzahl an Getriebekomponenten 12 bereitgestellt wird, wobei zumindest eine erste Getriebekomponente 12 zu überwachen ist. Das Getriebe 10 befindet sich dabei in einem Betriebszustand 20, in dem eine mechanische Beanspruchung 25 der ersten Getriebekomponente 12 unter Einsatz eines Sensors 22 ermittelt wird. Daran schließt sich ein zweiter Verfahrensschritt 120 an, in dem basierend auf der mechanischen Beanspruchung 25 korrespondierender ein Schädigungsbeitrag 35 im Rahmen eines einstellbaren Schadensakkumulationsmodells 30 und eines einstellbaren ersten Schädigungsmechanismus 38 ermittelt wird. In einem darauffolgenden dritten Verfahrensschritt 130 wird der Schädigungsbeitrag 35 zu einer Schadenssumme 43 im Schadensakkumulationsmodell 30 für den ersten Schädigungsmechanismus 38 hinzugefügt. In einem anschließenden vierten Verfahrensschritt 140 erfolgt ein Ermitteln einer Modell-Restlebensdauer 36 für den ersten Schädigungsmechanismus 38 im Rahmen des Schadensakkumulationsmodells 30. Ebenso wird im vierten Verfahrensschritt 140 eine Eintrittswahrscheinlichkeit 57 für die entsprechende Modell-Restlebensdauer 36. Dabei stützt sich die Ermittlung der Modell-Restlebensdauer 36 und deren Eintrittswahrscheinlichkeit 57 auf ein einstellbares Lastniveau 29, das einem erwarteten oder angestrebtem künftigen Betrieb der Getriebekomponente 12, und damit des Getriebes 10, entspricht. Die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 wird dabei anhand von Datensätzen 64 von Vergleichskomponenten 62 ermittelt, durch die eine Verteilungsfunktion 51 von Lebensdauern gegeben wird. Parallel zum vierten Verfahrensschritt 140 erfolgt ein sechster Verfahrensschritt 160, in dem ausgehend von der Modell-Rest-

lebensdauer 36 und der Eintrittswahrscheinlichkeit 57 eine Aufwandsprogose 67 für einen Wartungsvorgang für die erste Getriebekomponente 12 durchgeführt wird. Ein Resultat der Aufwandsprognose 67 ist einem Benutzer anzeigbar. Auf den

5 vierten Verfahrensschritt 140 folgt eine erste Verzweigung 145, an der die Modell-Restlebensdauer 36 und/oder die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 aus dem vierten Verfahrensschritt 140 mit einstellbaren Parametern 73 verglichen werden. Die einstellbaren Parameter 73 umfassen auch einen ersten und ei-

10 nen zweiten Schwellenwert 75, 76 für die Modell-Restlebensdauer 36 bzw. die Eintrittswahrscheinlichkeit 57. Wenn die Schwellenwerte 75, 76 überschritten werden, wird erkannt, dass kein Betriebszustand vorliegt, der eine Reaktion gebietet und das Verfahren 100 kehrt über eine Rückführungsschlei-

15 fe 170 zum ersten Verfahrensschritt 110 zurück. Bei einem Unterschreiten des ersten und/oder zweiten Schwellenwerts 75, 76 durch die Modell-Restlebensdauer 36 bzw. die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 erfolgt ein fünfter Verfahrensschritt 150. Darin wird eine Warnung 65 ausgegeben und/oder eine Be-

20 vorratungsanweisung 66 für die erste Getriebekomponente 12 ausgegeben. Anschließend erreicht das Verfahren 100 einen Endzustand 200. Das Verfahren 100 nach FIG 4 läuft vollständig oder funktional geteilt in einem oder mehreren Computerprogrammprodukten 80 ab, die auf einer Steuereinheit 40

25 nicht-flüchtig und ausführbar gespeichert sind. Die Steuereinheit 40 umfasst dabei eine interne Steuereinheit 42 und/oder eine übergeordnete Steuereinheit 44.

FIG 5 zeigt einen schematischen Ablauf einer dritten Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100. Das Verfahren 100 geht von einem ersten Verfahrensschritt 110 aus, in dem mittels eines Sensors 22 eine mechanische Beanspruchung 25 einer ersten Getriebekomponente 12.1 in einem Betriebszustand 20 ermittelt wird. Anhand einer Übertragungsfunktion 83 wird

35 hieraus eine mechanische Beanspruchung 25 einer zweiten Getriebekomponente 12.2 im gleichen Betriebszustand 20 ermittelt. Die erste und zweite Getriebekomponente 12.1 und 12.2 gehören zum gleichen Getriebe 10. Unter einer Übertragungs-

funktion 83 ist ein physikalischer Zusammenhang zwischen der ersten und zweiten Getriebekomponente 12.1, 12.2 zu verstehen, der eine mechanische Beanspruchung 25 der ersten Getriebekomponente 12.1 im Wesentlichen in Abhängigkeit von der mechanischen Beanspruchung 25 der zweiten Getriebekomponente 12.2 beschreibt. Eine solche Übertragungsfunktion 83 kann als Wertetabelle, als Algorithmus 79, oder als Simulation ausgebildet sein. Ausgehend von der mechanischen Beanspruchung 25 der zweiten Getriebekomponente 12.2 erfolgen der zweite, dritte, vierte, fünfte und sechste Verfahrensschritt 120, 130, 140, 150, 160 analog zu FIG 4.

Dem ersten Verfahrensschritt 110 schließt sich ein zweiter Verfahrensschritt 120 an, in dem basierend auf der mechanischen Beanspruchung 25 korrespondierender ein Schädigungsbeitrag 35 im Rahmen eines einstellbaren Schadensakkumulationsmodells 30 und eines einstellbaren ersten Schädigungsmechanismus 38 ermittelt wird. In einem darauffolgenden dritten Verfahrensschritt 130 wird der Schädigungsbeitrag 35 zu einer Schadenssumme 43 im Schadensakkumulationsmodell 30 für den ersten Schädigungsmechanismus 38 hinzugefügt. In einem anschließenden vierten Verfahrensschritt 140 erfolgt ein Ermitteln einer Modell-Restlebensdauer 36 für den ersten Schädigungsmechanismus 38 im Rahmen des Schadensakkumulationsmodells 30. Ebenso wird im vierten Verfahrensschritt 140 eine Eintrittswahrscheinlichkeit 57 für die entsprechende Modell-Restlebensdauer 36. Dabei stützt sich die Ermittlung der Modell-Restlebensdauer 36 und deren Eintrittswahrscheinlichkeit 57 auf ein einstellbares Lastniveau 29, das einem erwarteten oder angestrebtem künftigen Betrieb der zweiten Getriebekomponente 12.2, und damit des Getriebes 10, entspricht. Die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 wird dabei anhand von Datensätzen 64 von Vergleichskomponenten 62 ermittelt, durch die eine Verteilungsfunktion 51 von Lebensdauern gegeben wird. Parallel zum vierten Verfahrensschritt 140 erfolgt ein sechster Verfahrensschritt 160, in dem ausgehend von der Modell-Restlebensdauer 36 und der Eintrittswahrscheinlichkeit 57 eine Aufwandsprognose 67 für einen Wartungsvorgang für die zwei-

ten Getriebekomponente 12.2 durchgeführt wird. Ein Resultat der Aufwandsprognose 67 ist einem Benutzer anzeigbar. Auf den vierten Verfahrensschritt 140 folgt eine erste Verzweigung 145, an der die Modell-Restlebensdauer 36 und/oder die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 aus dem vierten Verfahrensschritt 140 mit einstellbaren Parametern 73 verglichen werden. Die einstellbaren Parameter 73 umfassen auch einen ersten und einen zweiten Schwellenwert 75, 76 für die Modell-Restlebensdauer 36 bzw. die Eintrittswahrscheinlichkeit 57. Wenn die Schwellenwerte 75, 76 überschritten werden, wird erkannt, dass kein Betriebszustand vorliegt, der eine Reaktion gebietet und das Verfahren 100 kehrt über eine Rückführungsschleife 170 zum ersten Verfahrensschritt 110 zurück. Bei einem Unterschreiten des ersten und/oder zweiten Schwellenwerts 75, 76 durch die Modell-Restlebensdauer 36 bzw. die Eintrittswahrscheinlichkeit 57 erfolgt ein fünfter Verfahrensschritt 150. Darin wird eine Warnung 65 ausgegeben und/oder eine Bevorratungsanweisung 66 für die zweite Getriebekomponente 12.2 ausgegeben. Anschließend erreicht das Verfahren 100 einen Endzustand 200. Das Verfahren 100 nach FIG 5 läuft vollständig oder funktional geteilt in einem oder mehreren Computerprogrammprodukten 80 ab, die auf einer Steuereinheit 40 nicht-flüchtig und ausführbar gespeichert sind. Die Steuereinheit 40 umfasst dabei eine interne Steuereinheit 42 und/oder eine übergeordnete Steuereinheit 44.

Der Aufbau einer ersten Ausführungsform des beanspruchten Überwachungssystems 90 ist in FIG 6 abgebildet. Das Überwachungssystem 90 umfasst eine Mehrzahl an Sensoren 22, die dazu ausgebildet sind, mittelbar oder unmittelbar eine mechanische Beanspruchung 25 einer Getriebekomponente 12 eines Getriebes 10 zu erfassen. Dazu werden von den Sensoren 22 Messdaten 27 an eine Steuereinheit 40 übertragen, die eine interne Steuereinheit 42 umfasst. In einem Speicher der internen Steuereinheit 42 ist in nicht-flüchtiger Form ein Computerprogrammprodukt 80 in ausführbarer Weise gespeichert. Die interne Steuereinheit 42 ist dazu ausgebildet, die Messdaten 27 von den Sensoren 22 zu empfangen und mit dem Computerpro-

grammprodukt 80 zu verarbeiten. Das Computerprogrammprodukt 80 weist ein erstes Teilprogramm 82 auf, das auf der ersten Steuereinheit 42 nicht-flüchtig ausführbar gespeichert ist. Durch das erste Teilprogramm 82 wird das beanspruchte Verfahren 100 in zumindest einer Ausführungsform teilweise umgesetzt. Das erste Teilprogramm 82 ist über eine Datenverbindung 45 kommunikativ mit einer übergeordneten Steuereinheit 44 gekoppelt. Ferner ist auf der übergeordneten Steuereinheit 44 ein zweites Teilprogramm 84 nicht-flüchtig und ausführbar gespeichert, das zum gleichen Computerprogrammprodukt 80 gehört wie das erste Teilprogramm 82. Durch die kommunikative Datenverbindung 45 zwischen der internen und übergeordnet Steuereinheit 42, 44 erfolgt eine Kommunikation zwischen dem ersten und zweiten Teilprogramm 82, 84. Das zweite Teilprogramm 84 setzt das beanspruchte Verfahren 100 teilweise um. Durch die kommunikative Datenverbindung 45 verwirklichen das erste und zweite Teilprogramm 82, 84 im Zusammenspiel das beanspruchte Verfahren 100 komplett. Dazu tauschen das erste und zweite Teilprogramm 82, 84 Parameter 73, Werte aus Vorgaben 77 und/oder Werte von Algorithmen 79 aus.

FIG 7 zeigt schematisch den Aufbau einer beanspruchten Getriebeapplikation 95, die eine Antriebseinheit 96, eine Abtriebseinheit 97 und ein Getriebe 10 umfasst. Das Getriebe 10 ist zwischen der Antriebseinheit 96 und der Abtriebseinheit 97 angebracht. Durch das Getriebe 10 wird eine Antriebsleistung 21 von der Antriebseinheit 96 in puncto Drehzahl und Drehmoment verändert als Abtriebsleistung 23 an die Abtriebseinheit 97 weitergeleitet. Die Getriebeapplikation 95 kann dabei als Industrie-Anwendung, als Windenergieanlage, als Landfahrzeug, als Wasserfahrzeug oder als Luftfahrzeug ausgebildet sein.

## Patentansprüche

1. Betriebsverfahren (100) für ein Getriebe (10) mit einer Mehrzahl an Getriebekomponenten (12, 12.1, 12.2), umfassend die Schritte:

a) Herstellen eines Betriebszustands (20) des Getriebes (10) und Erfassen einer korrespondierenden mechanischen Beanspruchung (25) einer ersten Getriebekomponente (12, 12.1);

b) Ermitteln eines Schädigungsbeitrags (35) an der ersten Getriebekomponente (12, 12.1) anhand der ermittelten mechanischen Beanspruchung (25) für einen ersten Schädigungsmechanismus (38);

c) Hinzufügen des Schädigungsbeitrags (35) zu einer Schadenssumme (43) in einem ersten Schadensakkumulationsmodell (30) des ersten Schädigungsmechanismus (38);

d) Ermitteln einer Modell-Restlebensdauer (36) der ersten Getriebekomponente (12, 12.1) anhand des ersten Schadensakkumulationsmodells (38) und Ermitteln einer Eintrittswahrscheinlichkeit (57) für die Modell-Restlebensdauer (36);

wobei die Eintrittswahrscheinlichkeit (57) für die Modell-Restlebensdauer (36) anhand von Datensätzen (64) von Vergleichskomponenten (62) ermittelt wird, die baugleich zur ersten Getriebekomponente (12, 12.1) ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt b) auch für einen zweiten Schädigungsmechanismus (39) ein Schädigungsbeitrag (35) ermittelt wird und die Schritte c) und d) anhand dessen auch für einen zweiten Schädigungsmechanismus (39) durchgeführt werden.

2. Betriebsverfahren (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt e) ein Ausgeben ei-

ner Warnung (65) erfolgt, wenn die Modell-Restlebensdauer (36) einen einstellbaren ersten Schwellenwert (75) und/oder die Eintrittswahrscheinlichkeit (57) einen einstellbaren zweiten Schwellenwert (76) unterschreitet.

5

3. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergleichskomponenten (62) in Fremdgetrieben eingesetzt werden.

10 4. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt b) anhand der mechanischen Beanspruchung (25) der ersten Getriebekomponente (12, 12.1) anhand einer Übertragungsfunktion (83) eine mechanische Beanspruchung (25) einer zweiten Getriebekomponente (12.2)  
15 ermittelt wird und zumindest die Schritte c) und d) auch für die zweite Getriebekomponente (12.2) durchgeführt werden.

5. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste oder zweite Schädigungsmechanismus (38, 39) als High-Cycle-Fatigue, Low-Cycle-Fatigue, Verschleiß, Zahnfußbruch oder Pitting an einer Verzahnung ausgebildet ist.  
20

6. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit (57) für die Modell-Restlebensdauer (36) anhand einer Verteilungsfunktion (51) von zulässigen Schadenssummen (43) der Vergleichskomponenten (62) ermittelt wird.  
25

30 7. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schadenssumme (43) mittels eines Algorithmus (79) und/oder einer Benutzereingabe (78) einstellbar ist.

35 8. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Modell-Restlebensdauer (36) und/oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit (57) ein zu erwartender Reparaturaufwand (67) für die erste Ge-

triebekomponente (12, 121) und/oder das Getriebe (10) ermittelt wird.

5 9. Betriebsverfahren (100) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für die erste Getriebekomponente (12, 12.1) eine Bevorratungsanweisung (66) an ein Materialwirtschaftssystem (68) ausgegeben wird.

10 10. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Modell-Restlebensdauer (36) und/oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit (57) anhand eines einstellbaren Lastniveaus (29) für einen Weiterbetrieb der ersten Getriebekomponente (12, 12.1) ermittelt wird.

15 11. Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine erfasste mechanische Beanspruchung (25), zumindest ein Schädigungsbeitrag (25), zumindest eine Schadenssumme (43), zumindest eine Modell-Lebensdauer (36) und/oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit (57) in einem Datensatz (64) gespeichert werden, der  
20 für baugleiche weitere Getriebekomponenten (62) als Vergleichsdatsatz (64) dient.

25 12. Computerprogrammprodukt (80), umfassend zumindest ein Teilprogramm (82), das dazu ausgebildet ist, ein Betriebsverfahren (100) für ein Getriebe (10) vollständig oder zumindest teilweise in Datenverbindung (45) mit einem zweiten Teilprogramm (84) durchzuführen, dadurch gekennzeichnet, dass das Betriebsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11  
30 ausgebildet ist.

35 13. Steuereinheit (40) für ein Getriebe (10), die einen Speicher und eine Recheneinheit zur Ausführung eines Computerprogrammprodukts (80) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Computerprogrammprodukt (90) nach Anspruch 12 ausgebildet ist.

14. Steuereinheit (40) für ein Getriebe (10) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (40) als interne Steuereinheit (42) am Getriebe (10) angeordnet ist, oder als übergeordnete Steuereinheit (44) getrennt vom Getriebe (10) installiert ist.

15. Überwachungssystem (90) für ein Getriebe (10), das mit zumindest einer ersten zu überwachenden Getriebekomponente (12, 12.1) koppelbar ist, umfassend eine Mehrzahl an Sensoren (22) zu einem Erfassen von Messdaten (27), die mit einer mechanischen Beanspruchung (25) der ersten Getriebekomponente (12, 12.1) korrespondieren, und zumindest eine Steuereinheit (40), die mit der Mehrzahl an Sensoren (22) verbunden ist und als interne Steuereinheit (42) und/oder übergeordnete Steuereinheit (44) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (44) nach Anspruch 13 oder 14 ausgebildet ist.

16. Getriebe (10), umfassend eine Mehrzahl an Getriebekomponenten (12, 12.1, 12.2), wobei zumindest eine erste Getriebekomponente (12, 12.1), die mit zumindest einem Sensor (22) gekoppelt ist, wobei der Sensor (22) einem Überwachungssystem (90) zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Überwachungssystem (90) nach Anspruch 15 ausgebildet ist.

17. Getriebeapplikation (95), umfassend ein Getriebe (10), das zwischen einer Antriebseinheit (96) und einer Abtriebs-  
einheit (97) zu einer Drehzahländerung angeordnet ist, wobei die Getriebeapplikation (95) als Industrie-Anwendung, als  
Windenergieanlage, als Landfahrzeug, als Wasserfahrzeug oder  
als Luftfahrzeug ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe (10) nach Anspruch 16 ausgebildet ist.

FIG 1

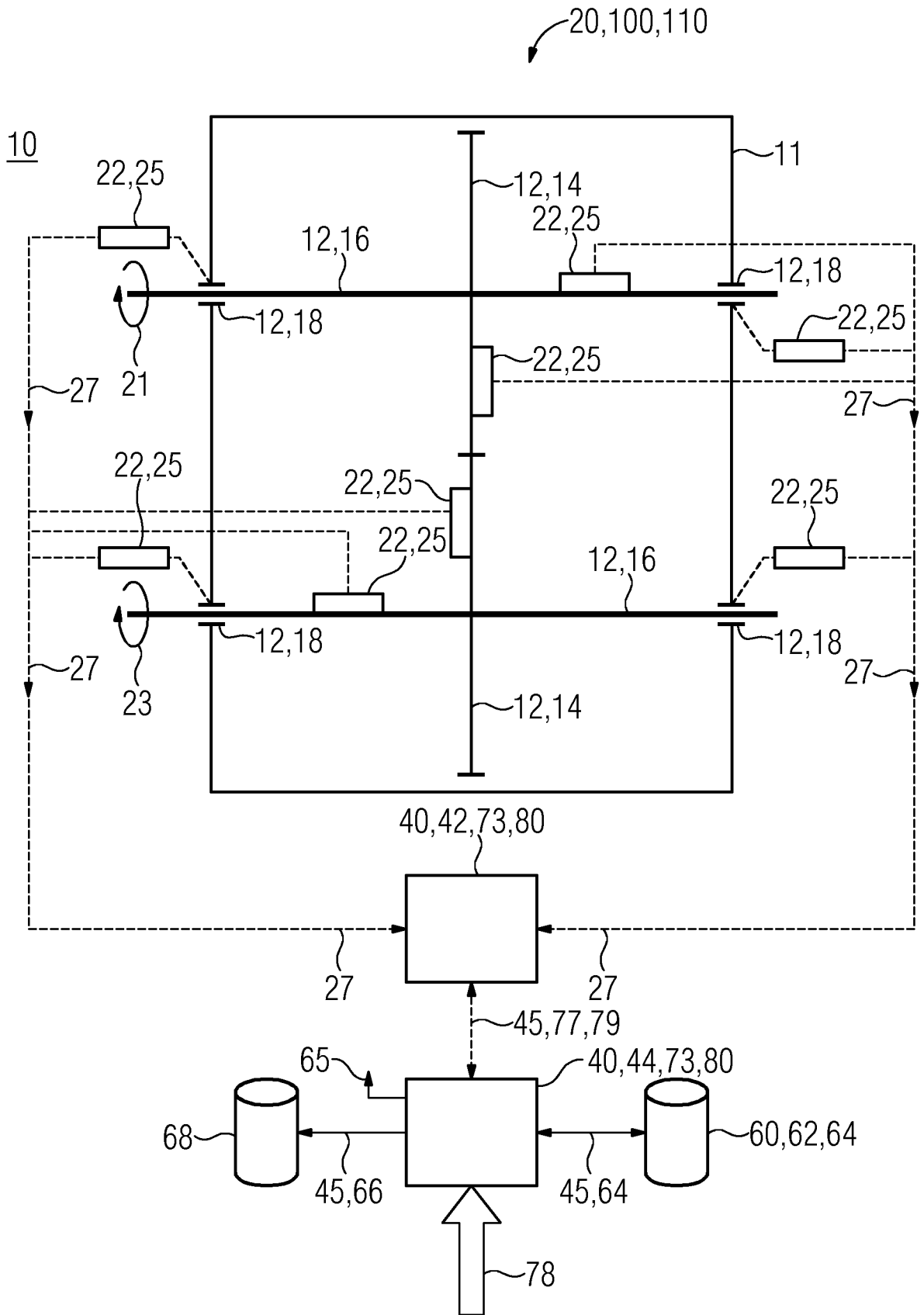


FIG 2

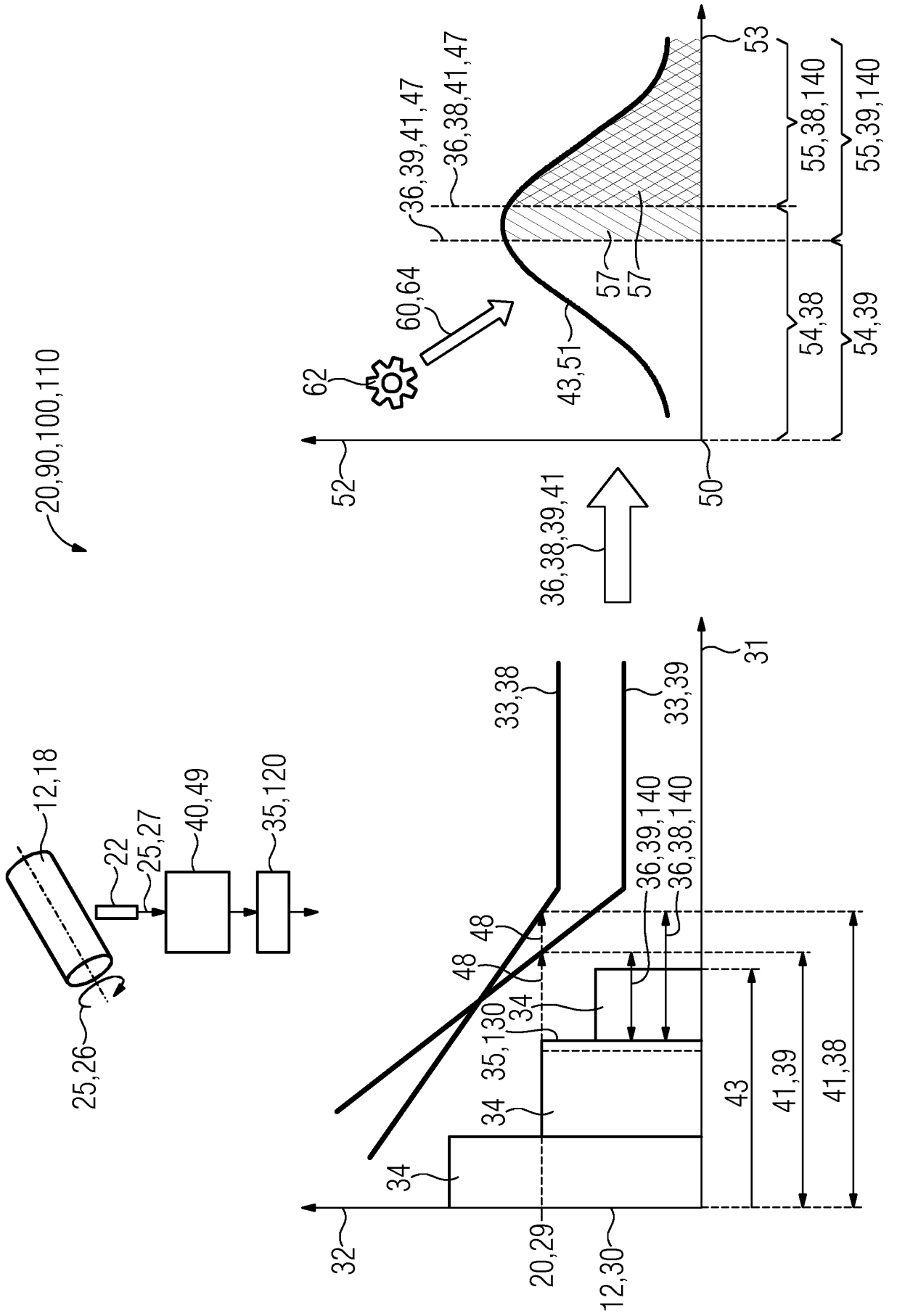


FIG 3

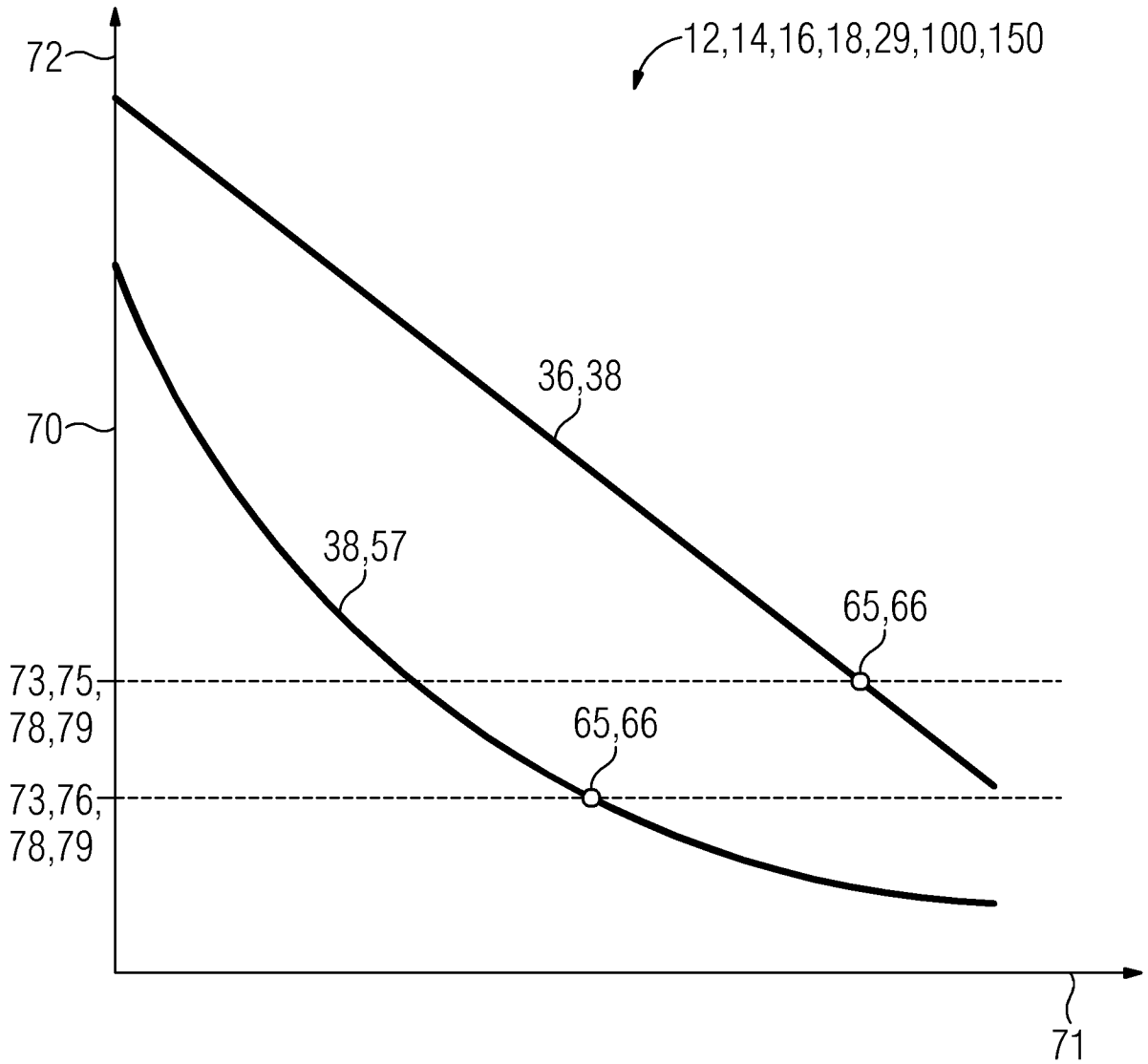


FIG 4

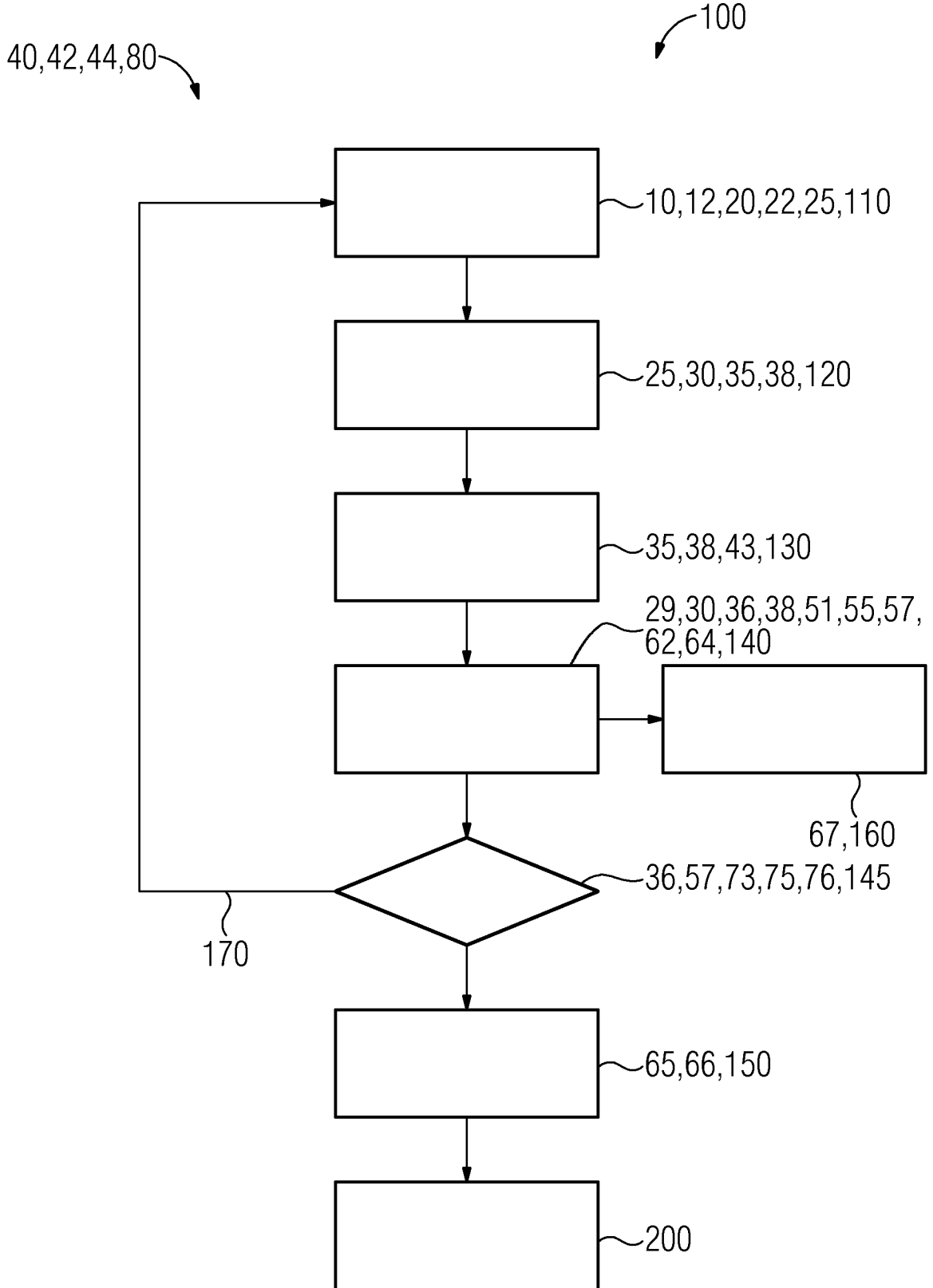


FIG 5

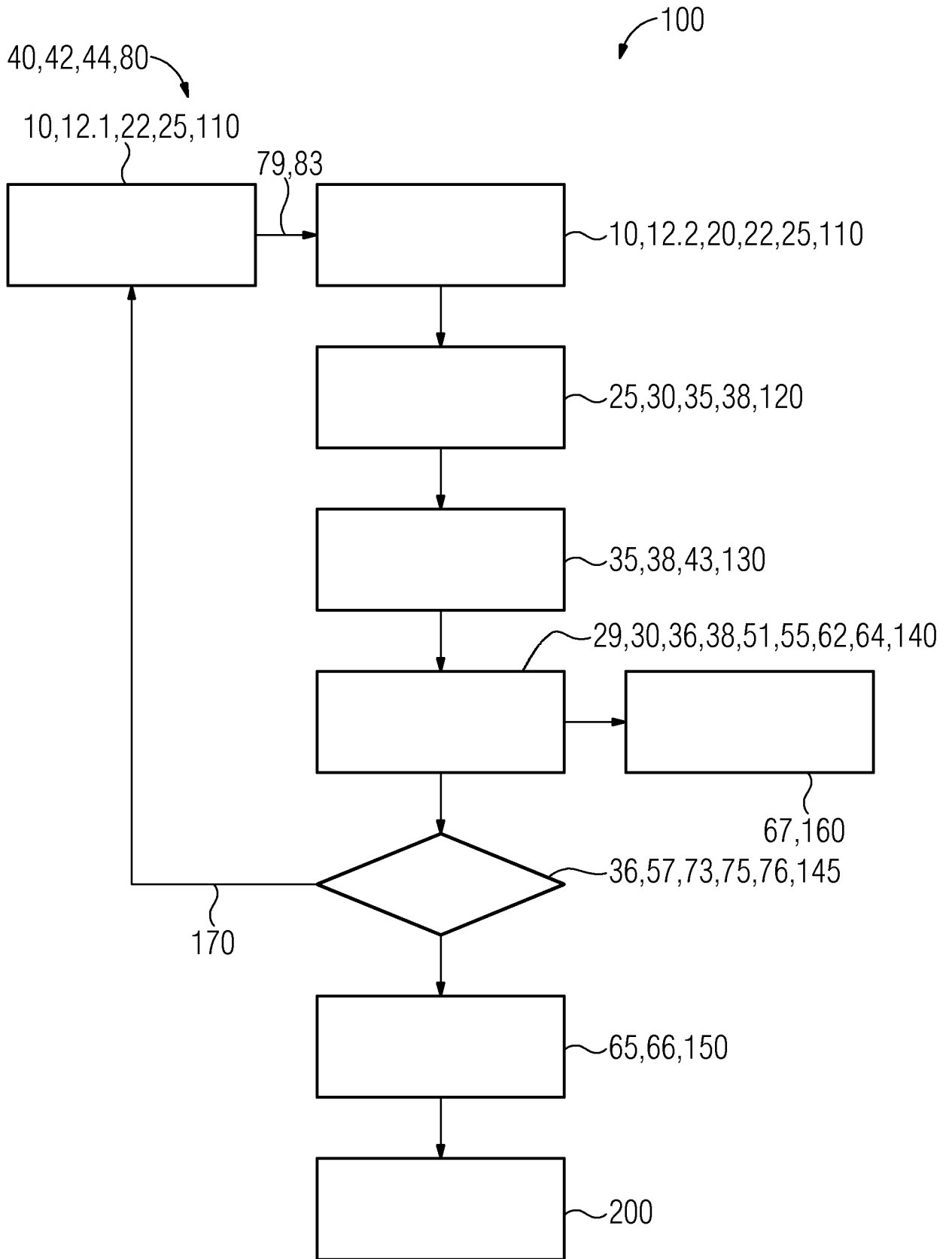


FIG 6

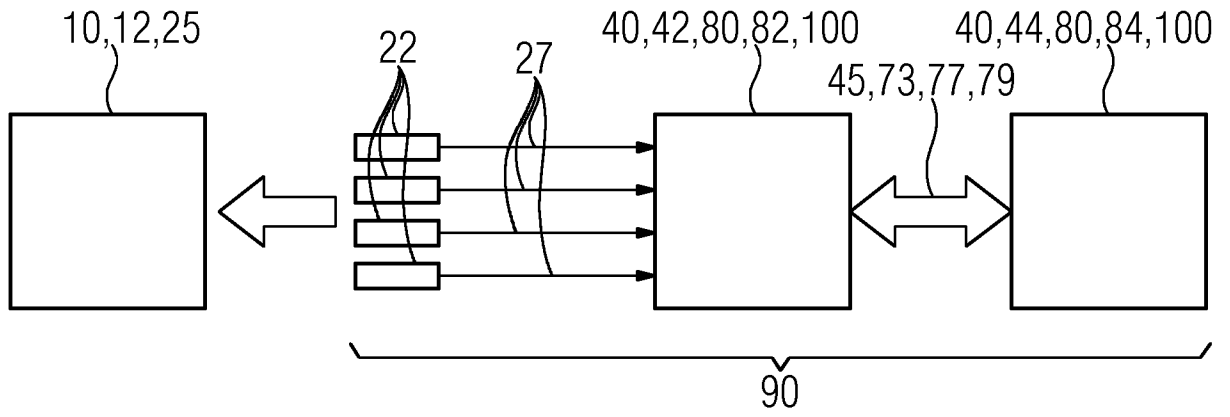
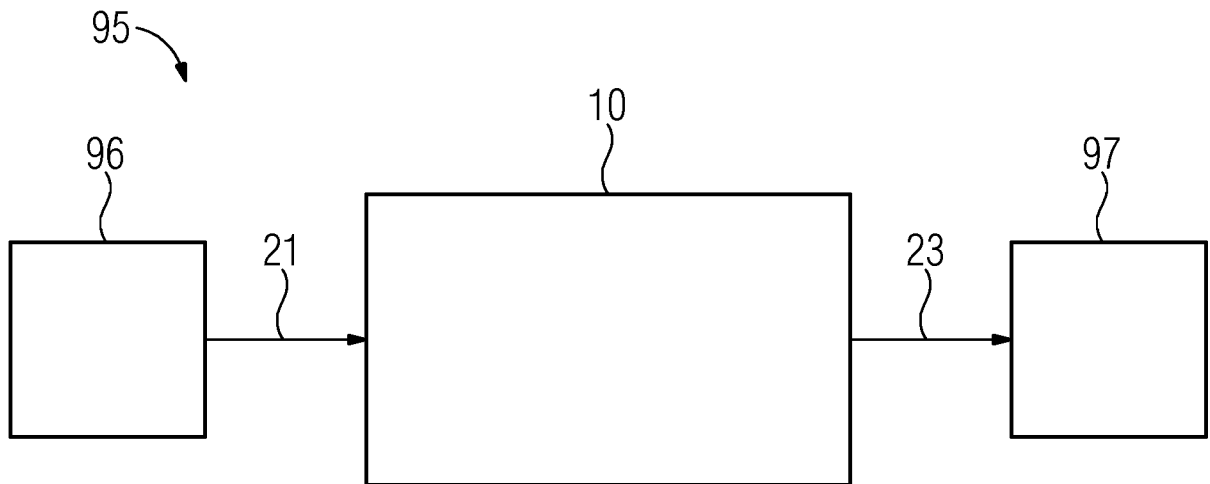


FIG 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/074990**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01M 13/00</i> (2019.01)i; <i>G06Q 90/00</i> (2006.01)i; <i>G01H 1/00</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06Q; G01M; F03D; G07C; G01H  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2264314 A2 (VESTAS WIND SYS AS [DK]) 22 December 2010 (2010-12-22) paragraphs [0006], [0012], [0041], [0044], [0053] - [0060]; figures 1,2,7	1-17
X	US 2004260512 A1 (OLSSON KARL ERIK [SE]) 23 December 2004 (2004-12-23) paragraphs [0030] - [0059], [0068] - [0073], [0081], [0087]; figures 1-5	1-17
X	US 5210704 A (HUSSEINY ABDO A [US]) 11 May 1993 (1993-05-11) column 10, line 7 - column 11, line 52; figures 2,14,15,16,20 column 17, line 54 - column 22, line 45	1-17
X	US 7149657 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 12 December 2006 (2006-12-12) column 3, line 4 - column 6, line 54; claim 3; figures 1-9	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>11 December 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>02 January 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Haenssler, Thedda</b>  Telephone No.

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

International application No.

**PCT/EP2019/074990**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2264314	A2	22 December 2010	CN	101900079	A	01 December 2010
				EP	2264314	A2	22 December 2010
				ES	2577530	T3	15 July 2016
				US	2010298995	A1	25 November 2010
<hr/>							
US	2004260512	A1	23 December 2004	AU	7120601	A	05 February 2002
				AU	2001271206	B2	15 June 2006
				EP	1311819	A1	21 May 2003
				JP	5009477	B2	22 August 2012
				JP	2005518520	A	23 June 2005
				US	2003093242	A1	15 May 2003
				US	2004260512	A1	23 December 2004
				US	2007145824	A1	28 June 2007
				WO	0208720	A1	31 January 2002
				ZA	200300424	B	17 May 2004
<hr/>							
US	5210704	A	11 May 1993	NONE			
<hr/>							
US	7149657	B2	12 December 2006	CA	2470687	A1	23 December 2004
				MX	PA04006254	A	31 March 2005
				US	2005005186	A1	06 January 2005
<hr/>							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01M13/00 G06Q90/00 G01H1/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06Q G01M F03D G07C G01H		
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	EP 2 264 314 A2 (VESTAS WIND SYS AS [DK]) 22. Dezember 2010 (2010-12-22) Absätze [0006], [0012], [0041], [0044], [0053] - [0060]; Abbildungen 1,2,7 -----	1-17
X	US 2004/260512 A1 (OLSSON KARL ERIK [SE]) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) Absätze [0030] - [0059], [0068] - [0073], [0081], [0087]; Abbildungen 1-5 -----	1-17
X	US 5 210 704 A (HUSSEINY ABDO A [US]) 11. Mai 1993 (1993-05-11) Spalte 10, Zeile 7 - Spalte 11, Zeile 52; Abbildungen 2,14,15,16,20 Spalte 17, Zeile 54 - Spalte 22, Zeile 45 ----- -/--	1-17
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
11. Dezember 2019	02/01/2020	
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  Haenssler, Thedda	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 7 149 657 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 12. Dezember 2006 (2006-12-12) Spalte 3, Zeile 4 - Spalte 6, Zeile 54; Anspruch 3; Abbildungen 1-9 -----	1-17

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/074990

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2264314	A2	22-12-2010	CN 101900079 A	01-12-2010
			EP 2264314 A2	22-12-2010
			ES 2577530 T3	15-07-2016
			US 2010298995 A1	25-11-2010
-----				
US 2004260512	A1	23-12-2004	AU 7120601 A	05-02-2002
			AU 2001271206 B2	15-06-2006
			EP 1311819 A1	21-05-2003
			JP 5009477 B2	22-08-2012
			JP 2005518520 A	23-06-2005
			US 2003093242 A1	15-05-2003
			US 2004260512 A1	23-12-2004
			US 2007145824 A1	28-06-2007
			WO 0208720 A1	31-01-2002
			ZA 200300424 B	17-05-2004
-----				
US 5210704	A	11-05-1993	KEINE	
-----				
US 7149657	B2	12-12-2006	CA 2470687 A1	23-12-2004
			MX PA04006254 A	31-03-2005
			US 2005005186 A1	06-01-2005
-----				