

**Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen eines Zustands einer
Personentransportanlage durch Verwenden eines digitalen Doppelgängers**

5 Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen
von Eigenschaften einer Personentransportanlage wie zum Beispiel eines Aufzuges, einer
Fahrtreppe oder eines Fahrsteigs. Ferner betrifft die Erfindung eine mit einer
10 vorgeschlagenen Vorrichtung ausgestattete Personentransportanlage, ein zur
Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens ausgebildetes Computerprogrammprodukt
sowie ein dieses Computerprogrammprodukt speicherndes computerlesbares Medium.

Personentransportanlagen in Form von Aufzügen, Fahrtreppen oder Fahrsteigen dienen
15 dazu, Personen innerhalb von Gebäuden oder Bauwerken zu befördern. Dabei muss stets
eine ausreichende Betriebssicherheit, aber auch eine möglichst durchgängige
Verfügbarkeit gewährleistet sein. Hierfür werden Personentransportanlagen herkömmlich
meist in regelmäßigen Intervallen kontrolliert und/oder gewartet. Die Intervalle werden
20 festgelegt, wobei die Intervalle zur Wahrung der Betriebssicherung ausreichend kurz
gewählt werden müssen, sodass rechtzeitig vor Eintritt etwaiger sicherheitsgefährdender
Betriebsbedingungen eine Kontrolle bzw. Wartung durchgeführt wird.

Bei älteren Personentransportanlagen werden die Kontrollen dabei meist völlig
25 unabhängig vom tatsächlichen aktuellen Zustand der Personentransportanlage
durchgeführt. Das heißt, ein Techniker muss die Personentransportanlage besuchen und
vor Ort inspizieren. Häufig wird dabei erkannt, dass keinerlei Wartung dringend
notwendig ist. Der Besuch des Technikers stellt sich somit als überflüssig heraus und
verursacht unnötige Kosten. Andererseits wird für den Fall, dass der Techniker
30 tatsächlich Wartungsbedarf erkennt, in vielen Fällen eine weitere Anfahrt erforderlich, da
der Techniker erst vor Ort feststellen kann, welche Komponenten der Personentransport-
anlage einer Wartung bedürfen, und somit erst vor Ort ersichtlich wird, dass für eine
Wartung bzw. Reparatur beispielsweise Ersatzteile oder spezielle Werkzeuge benötigt
werden.

Bei neueren Personentransportanlage besteht teilweise bereits eine Möglichkeit, beispielsweise mithilfe von Sensoren und/oder durch ein Überwachen von deren aktiven Komponenten, das heißt zum Beispiel durch ein Überwachen eines Betriebs einer Antriebsmaschine der Personentransportanlage, vorab und/oder von einem externen Kontrollzentrum aus Hinweise darüber zu erhalten, dass sich ein Zustand der Personentransportanlage verändert hat und dies eine Kontrolle bzw. Wartung der Personentransportanlage notwendig erscheinen lässt. Hierdurch können Wartungsintervalle gegebenenfalls verlängert bzw. bedarfsgerecht angepasst werden. Allerdings kann auch in diesem Fall ein Techniker meist erst durch einen Besuch vor Ort erkennen, ob tatsächlich ein Wartungsbedarf besteht und ob eventuell Ersatzteile oder spezielle Werkzeuge benötigt werden.

Es kann unter anderem ein Bedarf an einem Verfahren oder einer Vorrichtung bestehen, mithilfe derer eine Überwachung von Eigenschaften einer Personentransportanlage effizienter, einfacher, mit weniger Aufwand, ohne eine Notwendigkeit einer Inspektion vor Ort und/oder besser prognostizierbar durchgeführt werden kann. Ferner kann ein Bedarf an einer entsprechend ausgerüsteten Personentransportanlage, einem Computerprogrammprodukt zum Durchführen des Verfahrens auf einer programmierbaren Vorrichtung sowie einem computerlesbaren Medium mit einem darauf gespeicherten, solchen Computerprogrammprodukt bestehen.

Einem solchen Bedarf kann durch den Gegenstand gemäß einem der unabhängigen Ansprüche entsprochen werden. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung definiert.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Überwachen von Eigenschaften einer Personentransportanlage beschrieben, wobei das Verfahren zumindest ein Überwachen der Eigenschaften der Personentransportanlage unter Verwendung eines aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes umfasst. Der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz gibt dabei charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in einer tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk in maschinen-verarbeitbarer Weise wieder. Mittels der Überwachung

- 3 -

können Veränderungen und Veränderungstrends der charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen ermittelt und beurteilt werden. Hierbei kann der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz schrittweise erstellt werden. Zuerst kann ein Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz mit Soll-Daten erstellt werden, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in einer Soll-Konfiguration wiedergeben. Der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz ist mittels generischen Bauteilmodell-Datensätzen und definierten Bauteilmodell-Datensätzen erstellbar.

10 Durch Messen von Ist-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in der tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage direkt nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk wiedergeben und durch Ersetzen von Soll-Daten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch entsprechende Ist-Daten, kann ein Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz in einen Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz überführt werden.

20 Durch Modifizieren des Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während des Betriebs der Personentransportanlage unter Berücksichtigung von Messwerten, welche Änderungen von charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage während deren Betriebs wiedergeben, wird der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz in den aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz überführt.

25 Zur Beurteilung der weiter oben beschriebenen Überwachung können den charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen zugeordnete Beurteilungskriterien wie beispielsweise eine maximale Kettenlängung von Förderketten, eine Obergrenze der Leistungsaufnahme der Antriebsmaschine, maximale und/oder minimale Abmaße bei Verschleißstellen und dergleichen mehr vorhanden sein. Diese geben beispielsweise die maximal zulässigen Abweichungen ausgehend von Soll-Werten vor. Die charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz können mit diesen Beurteilungskriterien verglichen werden.

- 4 -

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine Personentransportanlage vorgeschlagen, welche eine Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform des zweiten Aspekts der Erfindung umfasst.

5 Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogrammprodukt vorgeschlagen, welches maschinenlesbare Programmanweisungen umfasst, welche bei Ausführung auf einer programmierbaren Vorrichtung die Vorrichtung zum Durchführen oder Steuern eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung veranlassen.

10 Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung wird ein computerlesbares Medium vorgeschlagen, auf dem ein Computerprogrammprodukt gemäß einer Ausführungsform des vierten Aspekts der Erfindung gespeichert ist.

15 Mögliche Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung können unter anderem und ohne die Erfindung einzuschränken als auf nachfolgend beschriebenen Ideen und Erkenntnissen beruhend angesehen werden.

20 Wie einleitend angemerkt, müssen Personentransportanlagen bisher meist vor Ort inspiziert werden, um erkennen zu können, ob tatsächlich eine Wartung bzw. Reparatur aktuell notwendig ist und, für den Fall, dass dies zutrifft, welche Maßnahmen konkret ergriffen werden müssen, das heißt zum Beispiel welche Ersatzteile und/oder Werkzeuge erforderlich sind.

25 Um dies zu umgehen, wird vorgeschlagen, zur Überwachung von den aktuellen Zustand der Personentransportanlage charakterisierenden Eigenschaften einen sogenannten aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (nachfolgend zum Teil kurz als „digitaler Doppelgänger“ bezeichnet) zu verwenden. Der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz soll dabei Daten umfassen, welche charakterisierende
30 Eigenschaften der die Personentransportanlage bildenden Bauteile charakterisieren. Dabei sollen die Daten die Eigenschaften der Bauteile in ihrer tatsächlichen Konfiguration charakterisieren, das heißt in einer Konfiguration, in der die Bauteile vollständig fertiggestellt und dann zu der Personentransportanlage zusammengebaut und in einem Bauwerk installiert wurden.

Mit anderen Worten geben die in dem Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten nicht lediglich Soll-Eigenschaften der Bauteile wieder, wie sie beispielsweise beim Planen, Konzipieren bzw. Kommissionieren der Personentransportanlage angenommen werden und wie sie beispielsweise aus hierbei verwendeten CAD-Daten betreffend die Bauteile entnommen werden können. Stattdessen sollen die in dem Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten die tatsächlichen Eigenschaften der in der fertig montierten und installierten Personentransportanlage verbauten Bauteile wiedergeben. Der digitale Doppelgänger kann somit als virtuelles Abbild der fertigen Personentransportanlage bzw. der darin enthaltenen Bauteile angesehen werden.

Die in dem Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten sollen dabei die charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile ausreichend detailliert widerspiegeln, um daraus Aussagen über aktuelle strukturelle und/oder funktionelle Eigenschaften der gesamten Personentransportanlage ableiten zu können. Insbesondere sollen anhand des digitalen Doppelgängers Aussagen über aktuelle strukturelle und/oder funktionelle Eigenschaften, welche einen aktualisierten Zustand der gesamten Personentransportanlage charakterisieren, abgeleitet werden können, die für eine Beurteilung von deren aktueller oder zukünftiger Betriebssicherheit, deren aktueller oder zukünftiger Verfügbarkeit und/oder einer aktuellen oder zukünftigen Notwendigkeit für eine Wartung oder Reparatur herangezogen werden können.

Damit unterscheidet sich der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz beispielsweise von digitalen Daten, welche herkömmlich bei einer Herstellung von Personentransportanlagen erzeugt bzw. genutzt werden. Beispielsweise ist es üblich, bei einer Planung, Konzipierung bzw. Kommissionierung einer Personentransportanlage die dabei verwendeten Bauteile mithilfe von Computern und unter Verwendung von CAD-Programmen zu planen oder zu designen, sodass entsprechende CAD-Daten beispielsweise eine Soll-Geometrie eines Bauteils wiedergeben. Solche CAD-Daten geben jedoch nicht an, welche Geometrie ein gefertigtes Bauteil tatsächlich hat, wobei beispielsweise Fertigungstoleranzen oder Ähnliches dazu führen können, dass sich die tatsächliche Geometrie signifikant von der Soll-Geometrie unterscheidet.

- 6 -

Insbesondere geben herkömmlich verwendete Daten wie CAD-Daten nicht an, welche charakterisierenden Eigenschaften Bauteile angenommen haben, nachdem sie zu der Personentransportanlage zusammengebaut und in einem Bauwerk installiert wurden. Je nachdem, wie der Zusammenbau und die Installation durchgeführt wurden, können sich

5 erhebliche Änderungen bei den charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile im Vergleich zu deren ursprünglich entworfenen Soll-Eigenschaften und/oder im Vergleich zu deren Eigenschaften direkt nach deren Herstellung, aber vor deren Zusammenbau bzw. Installation, ergeben.

10 Der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz unterscheidet sich auch von Daten, wie sie herkömmlich teilweise während einer Fertigung von komplexen Werkstücken oder Maschinen verwendet werden. Beispielsweise wird in der DE 10 2015 217 855 A1 ein Verfahren zur Prüfung einer Konsistenz zwischen Referenzdaten eines

15 Fertigungsobjektes und Daten eines sogenannten digitalen Zwillings des Fertigungsobjekts beschrieben. Dabei wird ein als digitaler Zwilling bezeichnetes digitales Abbild eines Werkstücks während der Fertigung mit dem Zustand des Werkstücks synchronisiert. Für den Produktionsablauf bedeutet dies, dass nach jedem Produktionsschritt die den digitalen Zwilling wiedergebenden Daten derart modifiziert werden, dass den durch den Produktionsschritt zu bewirkenden Änderungen von

20 Eigenschaften des Werkstücks Rechnung getragen werden soll.

Beispielsweise kann vorgesehen sein, in einem Fertigungsschritt einen Bereich des Werkstücks durch Schleifen, Drehen oder Ähnliches gemäß Soll-Vorgaben abzutragen, sodass nach Durchführung des Fertigungsschritts auch der digitale Zwilling gemäß den

25 Soll-Vorgaben modifiziert wird. Auf diese Weise soll der digitale Zwilling stets eine Information über den aktuellen Zwischenzustand des Werkstücks während dessen Fertigung liefern.

Allerdings ist dabei insbesondere bei der Fertigung von Bauteilen für

30 Personentransportanlagen nicht vorgesehen, in dem digitalen Zwilling Daten zu berücksichtigen, welche tatsächliche charakterisierende Eigenschaften der Bauteile wiedergeben, insbesondere tatsächliche charakterisierende Eigenschaften der Bauteile nach deren Zusammenbau zu einer fertigen Personentransportanlage und deren Installation im Bauwerk. Stattdessen beruhen die in dem digitalen Zwilling

aufgenommenen Daten zumeist ausschließlich auf Soll-Eigenschaften wie sie beispielsweise in Form von CAD-Daten wiedergegeben werden können.

5 Um den Zustand einer Personentransportanlage hinreichend genau und/oder zuverlässig
überwachen oder gegebenenfalls sogar prognostizieren zu können, wird nun
vorgeschlagen, hierfür verwendete Daten in Form des aktualisierten Digitaler-
Doppelgänger-Datensatzes bereitzustellen. Der digitale Doppelgänger liefert dabei über
10 bloße Soll-Eigenschaften hinausgehende Informationen über die charakterisierenden
Eigenschaften der in der Personentransportanlage verbauten Bauteile in ihrer
tatsächlichen Konfiguration. Solche Informationen können vorteilhaft dazu verwendet
werden, beispielsweise Abweichungen der tatsächlichen charakterisierenden
Eigenschaften von ursprünglich konzipierten charakterisierenden Eigenschaften der
15 Personentransportanlage erkennen zu können. Aus solchen Abweichungen können dann
geeignete Rückschlüsse gezogen werden, beispielsweise ob bereits ein Bedarf für eine
Wartung oder Reparatur der Personentransportanlage besteht, ob ein Risiko für erhöhten
oder vorzeitigen Verschleiß besteht, etc. Beispielsweise können die Abweichungen aus
bei der Fertigung der Bauteile eintretenden Fertigungstoleranzen, aus beim
Zusammenbau der Bauteile oder bei deren Installation im Bauwerk bewirkten
Veränderungen der charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile und/oder beim
20 letztendlichen Betrieb der Personentransportanlage auftretenden Veränderungen der
charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile beispielsweise aufgrund von Verschleiß
herrühren.

25 Dadurch, dass der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz wie eine virtuelle
digitale Kopie der tatsächlichen Personentransportanlage Rückschlüsse auf in der
Personentransportanlage aktuell vorherrschende charakterisierende Eigenschaften zulässt,
können bestenfalls allein durch Analyse und/oder Verarbeitung des aktualisierten
Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes Informationen gewonnen werden, die Rückschlüsse
auf den aktuellen Zustand der Personentransportanlage und insbesondere Rückschlüsse
30 über eine eventuell notwendige Wartung oder Reparatur ermöglichen. Dabei können
gegebenenfalls sogar Informationen darüber abgeleitet werden, welche Ersatzteile
und/oder Werkzeuge für eine anstehende Wartung oder Reparatur benötigt werden.

- Der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz kann dabei in einem zur Durchführung des hierin vorgeschlagenen Verfahrens konfigurierten Computer bzw. einer entsprechenden Datenverarbeitungsanlage gespeichert, analysiert und/oder verarbeitet werden. Insbesondere können der Computer bzw. die
- 5 Datenverarbeitungsanlage entfernt von der zu überwachenden Personentransportanlage, beispielsweise in einem entfernten Überwachungszentrum, angeordnet sein.
- Dementsprechend ermöglicht die Verwendung des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes, den Zustand der Personentransportanlage charakterisierende Eigenschaften
- 10 kontinuierlich oder in geeigneten Zeitabständen zu überwachen, um insbesondere Änderungen, die eine Wartung oder Reparatur notwendig erscheinen lassen, zu erkennen. Gegebenenfalls können hierauf basierend konkrete Informationen betreffend bei der Wartung beziehungsweise Reparatur durchzuführender Arbeiten vorab allein basierend auf einer Analyse des digitalen Doppelgängers abgeleitet werden, ohne dass ein
- 15 Techniker die Personentransportanlage tatsächlich vor Ort inspizieren müsste. Hierdurch können erheblicher Aufwand und Kosten eingespart werden.
- Gemäß einer Ausführungsform umfasst der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz Daten, welche durch Messen charakterisierender Eigenschaften an der
- 20 fertiggestellten Personentransportanlage ermittelt wurden.
- Mit anderen Worten sollen die in dem aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten nicht lediglich Soll-Eigenschaften der Bauteile der
- Personentransportanlage wiedergeben, wie sie beispielsweise beim Planen, Konzipieren
- 25 oder Kommissionieren der Personentransportanlage basierend auf Spezifikationen, wie sie beispielsweise vom die Personentransportanlage beauftragenden Kunden vorgegeben werden oder wie sie sich aus am Einbauort für die Personentransportanlage vorherrschenden Bedingungen ergeben, abgeleitet werden. Solche Soll-Eigenschaften können rein am Computer bzw. an einem Reißbrett entworfen worden sein und stellen
- 30 meist Idealeigenschaften der Personentransportanlage dar, wie sie während der Planungsphase angenommen werden. Die tatsächlich gefertigten Bauteile unterscheiden sich jedoch in der Praxis bereits nach ihrer Fertigung von solchen Soll-Vorgaben und verändern ihre Eigenschaften meist während der Montage und Installation im Bauwerk weiter.

Daher soll der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz bevorzugt keine oder zumindest nicht ausschließlich Soll-Daten, sondern durch Messen charakterisierender Eigenschaften an der fertiggestellten Personentransportanlage ermittelte Daten, das heißt

5 Ist-Daten nach dem Zusammenbau und der Installation der Personentransportanlage, umfassen.

Die charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile können dabei beispielsweise mithilfe von separaten Messvorrichtungen nach dem Fertigstellen der einzelnen Bauteile, nach

10 dem Zusammenbauen der Bauteile und/oder nach der Installation der Personentransportanlage im Bauwerk vermessen werden. Solche separaten Messvorrichtungen können prinzipiell beispielsweise einfache Gerätschaften wie Maßbänder, Zollstöcke, Lehren, Waagen, etc. sein, mithilfe derer ein Techniker die Bauteile vermessen kann. Messergebnisse können dann in dem aktualisierten Digitaler-

15 Doppelgänger-Datensatz gespeichert werden. Vorzugsweise werden die Messvorgänge jedoch nicht manuell, sondern maschinell durchgeführt. Dabei können die Messvorrichtungen zum automatisierten Messen von charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile konfiguriert sein. Beispielsweise können die Bauteile mithilfe von Robotern vermessen werden. Insbesondere können verschiedene Messmethoden eingesetzt werden,

20 beispielsweise berührungsfreie Messmethoden, basierend zum Beispiel auf Vermessungen mittels Lichtstrahlen, Vermessungen durch Analyse von Bildaufnahmen der Bauteile, etc.

Alternativ zu separaten Messvorrichtungen können die charakterisierenden Eigenschaften

25 der Bauteile beispielsweise durch in die Personentransportanlage integrierte Messvorrichtungen, insbesondere durch integrierte Sensoren, vermessen werden. Solche integrierten Messvorrichtungen oder Sensoren können in einzelne Bauteile integriert sein, an einzelnen oder zwischen mehreren Bauteilen der Personentransportanlage angeordnet sein oder zwischen Bauteilen der Personentransportanlage und beispielsweise Bereichen

30 der die Personentransportanlage aufnehmenden Bauwerke zwischengelagert sein. Die Messvorrichtungen bzw. Sensoren können beispielsweise Signale liefern, welche sich verändern, wenn sich die zu überwachenden charakterisierenden Eigenschaften der jeweiligen Bauteile verändern. Durch Überwachen der Signale können somit Informationen über aktuell sich verändernde charakterisierende Eigenschaften innerhalb

der Personentransportanlage gewonnen werden. Aus den Signalen abgeleitete Messwerte können dabei erhalten werden, ohne dass beispielsweise ein Techniker manuell vermessend tätig werden müsste und somit insbesondere ohne, dass der Techniker die Personentransportanlage vor Ort inspizieren müsste. Außerdem können bereits bei der

5 Planung und dem Zusammenbau bzw. der Installation der Personentransportanlage Sensoren an geeigneten Stellen vorgesehen werden, um dort bei der fertiggestellten Personentransportanlage Ist-Eigenschaften betreffend die darin aufgenommenen Bauteile vermessen zu können, welche ansonsten eventuell nicht oder nicht präzise genug oder nur mit sehr hohem Aufwand bei der fertiggestellten Personentransportanlage vermessen

10 werden könnten.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind die beim Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes zu berücksichtigenden charakterisierenden Eigenschaften geometrische Abmessungen der Bauteile, Gewichte der Bauteile,

15 Materialeigenschaften der Bauteile und/oder Oberflächen- Beschaffenheiten der Bauteile.

Mit anderen Worten können mehrere verschiedenartige charakterisierende Eigenschaften von einem Bauteil oder von mehreren Bauteilen einer Personentransportanlage vermessen werden und die gewonnenen Messergebnisse als Daten in dem Digitaler-Doppelgänger-

20 Datensatz abgelegt werden. Geometrische Abmessungen der Bauteile können beispielsweise eine Länge, eine Breite, eine Höhe, ein Querschnitt, Radien, Verrundungen, etc. der Bauteile sein. Materialeigenschaften der Bauteile können beispielsweise eine zur Bildung eines Bauteils oder eines Teilbereichs eines Bauteils verwendete Materialart sein. Ferner können Materialeigenschaften auch

25 Festigkeitseigenschaften, Härteeigenschaften, elektrische Eigenschaften, magnetische Eigenschaften, optische Eigenschaften, etc. der Bauteile sein. Oberflächen- Beschaffenheiten der Bauteile können beispielsweise Rauigkeiten, Texturen, Beschichtungen, Farben, Reflektivitäten, etc. der Bauteile sein.

30 Die charakterisierenden Eigenschaften können sich auf einzelne Bauteile oder Bauteilgruppen beziehen. Beispielsweise können sich die charakterisierenden Eigenschaften auf einzelne Bauteile beziehen, aus denen größere, komplexere Bauteilgruppen zusammengesetzt werden. Alternativ oder ergänzend können sich die Eigenschaften auch auf aus mehreren Bauteilen zusammengesetzte komplexere

Gerätschaften wie zum Beispiel Antriebsmotoren, Getriebereinheiten, Förderketten, etc. beziehen.

Die charakterisierenden Eigenschaften können mit hoher Präzision ermittelt bzw.
5 vermessen werden. Insbesondere können die charakterisierenden Eigenschaften mit einer Präzision ermittelt bzw. vermessen werden, die genauer ist als bei der Fertigung der Bauteile einzuhaltende Toleranzen.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Überwachen der Eigenschaften der
10 Personentransportanlage ein Simulieren zukünftiger charakterisierender Eigenschaften der Personentransportanlage unter Verwendung des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes.

Mit anderen Worten sollen mithilfe des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes vorzugsweise nicht lediglich in der Personentransportanlage aktuell
15 vorherrschende Eigenschaften überwacht werden können, sondern mittels durchzuführender Simulationen unter Verwendung des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes auch Rückschlüsse über zukünftig in der Personentransportanlage vorherrschende charakterisierende Eigenschaften gewonnen
20 werden können.

Die Simulationen können dabei auf einem Computersystem ausgeführt werden. Mithilfe der Simulationen können ausgehend von aktuell in dem aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten sowie gegebenenfalls unter Berücksichtigung
25 von früher in dem aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten Rückschlüsse auf eine zeitliche Entwicklung bei den repräsentierten charakterisierenden Eigenschaften gezogen werden und somit Prognosen oder Extrapolation betreffend zukünftige charakterisierende Eigenschaften der Bauteile gewonnen werden. Bei den Simulationen können sowohl naturgesetzliche Gegebenheiten berücksichtigt werden als
30 auch auf Erfahrungen bei anderen Personentransportanlagen zurückgegriffen werden.

Beispielsweise können Simulationen berücksichtigen, wie sich zum Beispiel bereits eingetretene verschleißbedingte Veränderungen bei charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen auf zukünftig zu erwartende weitere Veränderungen bei diesen

- charakterisierenden Eigenschaften auswirken. Alternativ oder ergänzend können bei den Simulationen Erfahrungen berücksichtigt werden, die aus Experimenten und/oder durch die Beobachtung anderer Personentransportanlagen gewonnen wurden und aus denen zum Beispiel eine Aussage darüber abgeleitet werden kann, wann eine eingetretene oder
- 5 zukünftig zu erwartende Veränderung bei charakterisierenden Eigenschaften eines Bauteils als für die Funktion der gesamten Personentransportanlage wesentlich anzunehmen ist, sodass geeignete Maßnahmen beispielsweise im Rahmen einer Wartung oder Reparatur eingeleitet werden sollten.
- 10 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann das hierin vorgeschlagene Verfahren ferner ein Planen von durchzuführenden Wartungsarbeiten an der Personentransportanlage basierend auf den überwachten Eigenschaften der Personentransportanlage umfassen.
- 15 Mit anderen Worten können die Informationen, die beim erfindungsgemäßen Überwachen der Eigenschaften der Personentransportanlage gewonnen werden, dazu genutzt werden, um zukünftige Wartungsarbeiten einschließlich dabei notwendiger etwaiger Reparaturen bereits vorab geeignet planen zu können. Dabei kann von Vorteil sein, dass alleine durch Analyse des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes
- 20 bereits wertvolle Informationen beispielsweise darüber erhalten werden können, welche Veränderungen in einer überwachten Personentransportanlage eingetreten sind und/oder mit welchem Verschleiß bei Bauteilen der Personentransportanlage tatsächlich gerechnet werden muss. Diese Informationen können genutzt werden, um Wartungsarbeiten beispielsweise hinsichtlich eines Wartungszeitpunkts und/oder hinsichtlich bei der
- 25 Wartung durchzuführender Tätigkeiten und/oder hinsichtlich bei der Wartung vorzuhaltender Ersatzteile bzw. Werkzeuge und/oder hinsichtlich die Wartung durchführender Techniker, die eventuell spezielle Fähigkeiten oder Wissen haben müssen, planen zu können. Die Planung der Wartungsarbeiten kann dabei in den meisten Fällen rein basierend auf einer Analyse des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-
- 30 Datensatzes erfolgen, das heißt, ohne dass ein Techniker die Personentransportanlage vor Ort inspizieren müsste.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst das vorgeschlagene Verfahren ferner ein Beurteilen von Qualitätseigenschaften eines Bauteiltyps eines

Bauteils basierend auf einer Analyse von aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensätzen mehrerer das betreffende Bauteil enthaltender Personentransportanlagen.

5 Mit anderen Worten wird vorgeschlagen, die aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensätze betreffend mehrere verschiedene Personentransportanlagen zu nutzen und dahingehend zu analysieren, dass aus ihnen Informationen betreffend einen einzelnen Bauteiltyp eines in den Personentransportanlagen verbauten Bauteils (beziehungsweise betreffend dessen definierter Bauteilmodell-Datensatz) gesammelt und analysiert werden. Die Analyse kann beispielsweise umfassen, die Ist-Werte bezüglich charakterisierender
10 Eigenschaften des Bauteils in seiner tatsächlichen Konfiguration nach dem Zusammenbau und der Installation der Personentransportanlage mit vorab angenommenen Soll-Werten und gegebenenfalls unter Berücksichtigung von diesen Soll-Werten zugeordneten Toleranzwerten zu vergleichen. Hierbei werden nicht nur die Ist-Werte eines einzelnen Bauteils mit den Soll-Werten für dieses Bauteil verglichen. Vielmehr werden die Ist-
15 Werte mehrerer Bauteile des gleichen Bauteiltyps mit den Soll-Werten dieses Bauteiltyps verglichen.

20 Durch eine geeignete, beispielsweise statistische Analyse können somit Informationen erhalten werden, die nicht nur eine Aussage über die Qualität eines einzelnen Bauteils zulassen, das heißt ob ein einzelnes Bauteil den Soll-Werten innerhalb akzeptabler Toleranzen entspricht, sondern es kann eine Aussage über Qualitätseigenschaften des Bauteiltyps, das heißt Qualitätseigenschaften, die für eine Mehrzahl von Bauteilen dieses Bauteiltyps zutreffen, abgeleitet werden.

25 Dabei wirkt sich vorteilhaft aus, dass die aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensätze die charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile in ihrer tatsächlichen Konfiguration nach dem Zusammenbau und der Installation wiedergeben. Die Analyse der aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensätze ermöglicht somit eine Aussage über charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen nicht nur direkt nach deren Fertigung,
30 sondern auch, nachdem diese zu der Personentransportanlage zusammengebaut und installiert wurden und dabei bezüglich ihrer anfänglichen charakterisierenden Eigenschaften Änderungen erfahren haben.

Besonders vorteilhaft kann das Verfahren implementiert werden, wenn bei der Erstellung der Digitaler-Doppelgänger-Datensätze auch Änderungen der charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile während des Betriebs der Personentransportanlage nachverfolgt werden (wie dies weiter unten in genaueren Details beschrieben wird). In diesem Fall können durch Analyse mehrerer aktualisierter Digitaler-Doppelgänger-Datensätze von verschiedenen, das betreffende Bauteil enthaltenden Personentransportanlagen statistische Aussagen darüber abgeleitet werden, wie sich das Bauteil im realen Einsatz verhält. Hierdurch kann auf Qualitätseigenschaften des Bauteiltyps rückgeschlossen werden, die auch dessen Qualitäten während des Einsatzes widergeben (Robustheit des Designs).

Beispielsweise kann aus dem häufigen Auftreten von übermäßigen Verschleißerscheinungen oder gar Defekten bei Bauteilen eines Bauteiltyps, welche nach ihrer Fertigung zufriedenstellend den Soll-Vorgaben für diesen Bauteiltyp entsprochen haben, rückgeschlossen werden, dass bereits das Design des betreffenden Bauteiltyps Qualitätsmängel aufweist, die dann im realen Betrieb beispielsweise zu wiederkehrenden Problemen führen. Zum Beispiel kann erkannt werden, dass bereits im Design eines Bauteiltyps angelegt ist, dass bei diesem Bauteiltyp nach dem Zusammenbau und der Installation der Personentransportanlage oder spätestens bei deren Betrieb übermäßige Veränderungen, insbesondere übermäßiger Verschleiß, auftreten, welche zu einer kurzen Lebensdauer der Bauteile dieses Typs führen. Daraufhin kann das Design des Bauteiltyps eventuell geeignet geändert werden, um die Verschleißerscheinungen zu minimieren, das heißt dessen Robustheit zu erhöhen, und die Lebensdauer des Bauteiltyps zu steigern.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das vorgeschlagene Überwachungsverfahren auch ein Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes. Das Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes umfasst dabei zumindest die folgenden Schritte, vorzugsweise aber nicht zwingend streng in der angegebenen Reihenfolge:

- (i) Erstellen eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes mit Soll-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage der Personentransportanlage in einer Soll-Konfiguration wiedergeben;
- (ii) Erstellen eines Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf

dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Messen von Ist-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in der tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage direkt nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk wiedergeben und Ersetzen von

5 Solldaten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch entsprechende Ist-Daten; und

(iii) Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Modifizieren des Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während des Betriebs der

10 Personentransportanlage unter Berücksichtigung von Messwerten, welche Änderungen von charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage während deren Betriebs wiedergeben.

Mit anderen Worten kann ein Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes in mehreren Teilschritten erfolgen. Dabei können die in dem Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten sukzessive verfeinert und präzisiert werden und damit die charakterisierenden Eigenschaften der in der Personentransportanlage verbauten Bauteile immer genauer hinsichtlich ihrer tatsächlichen aktuellen Konfiguration wiedergeben.

20 Hierzu wird mit der Erstellung eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes begonnen. In diesem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz werden zunächst lediglich Soll-Daten abgelegt, welche beim Planen bzw. Kommissionieren der Personentransportanlage ermittelt werden. Diese Soll-Daten

25 können unter anderem erhalten werden, wenn beispielsweise mit computergestützten Kommissionierungstools in Abhängigkeit von Kundenspezifikationen charakterisierende Eigenschaften einer zu fertigenden Personentransportanlage berechnet werden. Beispielsweise können in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz Daten betreffend Soll-Abmessungen, Soll-Anzahlen, Soll-Materialeigenschaften, Soll-

30 Oberflächen- Beschaffenheiten etc. von bei der Fertigung der Personentransportanlage zu verwendenden Bauteilen abgelegt sein.

Der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz stellt somit ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage in ihrer Planungsphase bzw. Kommissionierungs-

phase dar, das heißt, bevor die Personentransportanlage tatsächlich gefertigt und installiert wird.

- 5 Weitere Details zu möglichen Verfahrensvarianten, die beim Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes eingesetzt werden können, werden weiter unten erläutert.

- 10 Ausgehend von dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz können dann die darin enthaltenen Soll-Daten sukzessive durch Ist-Daten ersetzt werden und dadurch ein Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz generiert werden. Die Ist-Daten geben dabei charakterisierende Eigenschaften der zunächst nur hinsichtlich ihrer Soll-Konfiguration definierten Bauteile der Personentransportanlage in ihrer tatsächlichen Konfiguration direkt nach dem Zusammenbau der Personentransportanlage und deren Installation im Bauwerk an. Die Ist-Daten können durch manuelles und/oder maschinelles Vermessen der charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile ermittelt werden. Hierzu können separate Messvorrichtungen und/oder in Bauteile integrierte oder an Bauteile angeordnete Sensoren eingesetzt werden.

- 20 Der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz stellt somit ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage direkt nach ihrer Fertigstellung, das heißt nach dem Zusammenbau der Bauteile und der Installation im Bauwerk, dar.

- 25 Um nicht nur direkt nach dem Fertigstellen der Personentransportanlage über ein virtuelles Abbild derselben zu verfügen, wird der zu diesem Zeitpunkt erstellte Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz während des nachfolgenden Betriebs der Personentransportanlage kontinuierlich oder in geeigneten Zeitabständen aktualisiert. Die in dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz anfänglich abgelegten Daten werden hierzu während des Betriebs der Personentransportanlage dahingehend modifiziert, dass beobachtete Veränderungen in den charakterisierenden Eigenschaften der die Personentransportanlage bildenden Bauteile berücksichtigt werden.

Hierzu können in der Personentransportanlage Sensoren als Messeinrichtungen vorgesehen sein, mithilfe derer die zu beobachtenden charakterisierenden Eigenschaften überwacht werden können. Solche Sensoren können beispielsweise geometrische

Abmessungen einzelner oder mehrerer Bauteile überwachen. Alternativ oder ergänzend können Sensoren zwischen Bauteilen wirkende Kräfte, an Bauteilen herrschende Temperaturen, innerhalb von Bauteilen oder zwischen Bauteilen wirkende mechanische Spannungen, an Bauteilen herrschende elektrische und/oder magnetische Felder und
5 vieles mehr messen.

Über die Zeit hinweg auftretende Änderungen bei den von den Sensoren gelieferten Messwerten deuten auf Änderungen bei den beobachteten charakterisierenden Eigenschaften hin, woraufhin die in dem Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen
10 Daten entsprechend modifiziert werden können. Der auf diese Weise modifizierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz stellt somit ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage während des Betriebs derselben und unter Berücksichtigung beispielsweise verschleißbedingter Änderungen im Vergleich zu den ursprünglich direkt nach der Fertigstellung gemessenen charakterisierenden Eigenschaften dar und kann
15 somit als aktualisierter Digitaler-Doppelgänger-Datensatz zum kontinuierlichen bzw. wiederholten Überwachen der Eigenschaften der Personentransportanlage verwendet werden.

Logischerweise müssen nicht zwingend alle als Soll-Daten vorhandene,
20 charakterisierende Eigenschaften eines Bauteils durch Ist-Daten des Bauteils aktualisiert werden. Demzufolge sind die charakterisierenden Eigenschaften der meisten Bauteile eines Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes oder aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes durch eine Mischung von Soll-Daten und Ist-Daten charakterisiert.

25 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes ein Erstellen von Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung von Kundenspezifikationen sowie ein Erstellen von Fertigungsdaten durch Modifizieren der Kommissionierungsdaten unter
30 Berücksichtigung von Fertigungsspezifikationen.

Mit anderen Worten sollen beim anfänglichen Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes sowohl Kundenspezifikationen als auch Fertigungsspezifikationen berücksichtigt werden. Dabei werden zunächst im Regelfall die

Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung der Kundenspezifikationen erstellt und dann diese Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung der Fertigungsspezifikationen modifiziert bzw. verfeinert. Eventuell kann das Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes auch iterativ ein mehrfaches Berechnen und Modifizieren von Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung der Kunden- und/oder Fertigungsspezifikationen umfassen.

Unter Kundenspezifikationen können dabei Vorgaben verstanden werden, welche Einzelfall-spezifisch vom Kunden zum Beispiel beim Ordern der Personentransportanlage vorgegeben werden. Die Kundenspezifikationen beziehen sich dabei typischerweise auf eine einzelne zu fertigende Personentransportanlage. Beispielsweise können die Kundenspezifikationen vorherrschende räumliche Bedingungen am Einbauort, Schnittstelleninformationen zum Anbau an tragende Strukturen eines Bauwerks, etc. umfassen. Anders ausgedrückt können die Kundenspezifikationen zum Beispiel angeben, welche Länge die Personentransportanlage haben soll, welcher Höhenunterschied überwunden werden soll, in welcher Weise die Personentransportanlage an tragende Strukturen innerhalb des Gebäudes angebunden werden soll, etc. Kundenspezifikationen können auch Wünsche des Kunden hinsichtlich Funktionalität, Förderkapazität, Optik, etc. umfassen. Die Kommissionierungsdaten können beispielsweise als CAD-Datensatz vorliegen, welcher unter anderem als charakterisierende Eigenschaften geometrische Abmessungen und/oder andere charakterisierende Eigenschaften der die Personentransportanlage bildenden Bauteile wiedergibt.

Die Fertigungsspezifikationen beziehen sich typischerweise auf Eigenschaften oder Vorgaben innerhalb einer Fertigungsfabrik oder Fertigungslinie, in der die Personentransportanlage gefertigt werden soll. Beispielsweise können, zum Beispiel je nachdem in welchem Land oder an welchem Ort eine Fertigungsfabrik steht, in der Fertigungsfabrik verschiedene Bedingungen herrschen und/oder Vorgaben einzuhalten sein. Beispielsweise können in manchen Fertigungsfabriken bestimmte Materialien, Rohstoffe, Rohbauteile oder Ähnliches nicht verfügbar sein oder nicht verarbeitet werden. In manchen Fertigungsfabriken können Maschinen eingesetzt werden, die in anderen Fertigungsfabriken fehlen. Manche Fertigungsfabriken unterliegen aufgrund ihres Layouts Restriktionen hinsichtlich der darin zu fertigenden

Personentransportanlagen bzw. Komponenten derselben. Manche Fertigungsfabriken ermöglichen einen hohen Grad an automatisierter Fertigung, wohingegen andere Fertigungsfabriken beispielsweise aufgrund niedriger Lohnkosten eher manuelle Fertigung einsetzen können. Es können noch eine Vielzahl weiterer Bedingungen und/oder Vorgaben existieren, bezüglich derer sich Fertigungsumgebungen unterscheiden können. All diese Fertigungsspezifikationen müssen typischerweise beim Planen bzw. Kommissionieren einer Personentransportanlage berücksichtigt werden, da von ihnen abhängig sein kann, in welcher Weise eine Personentransportanlage tatsächlich gebaut werden kann. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, anfänglich erstellte Kommissionierungsdaten, welche lediglich die Kundenspezifikationen berücksichtigt hatten, grundlegend zu modifizieren, um den Fertigungsspezifikationen Rechnung tragen zu können.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird beim Erstellen der Kommissionierungsdaten ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage unter Einsatz generischer Bauteilmodell-Datensätze der Personentransportanlage und unter Einbeziehung der Kundenspezifikationen erzeugt.

Mit anderen Worten kann es vorteilhaft sein, beim anfänglichen Kommissionieren bzw. Planen der Personentransportanlage unter Berücksichtigung der Kundenspezifikationen ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage zu erstellen, in dem die die Personentransportanlage bildenden Bauteile beispielsweise hinsichtlich ihrer Soll-Eigenschaften wiedergegeben sind. Das virtuelle Abbild kann hierbei als eine Art Drahtgerüst oder Drahtgitter entworfen werden. Zu verwendende Bauteile können Strukturen dieses Drahtgerüsts bzw. -gitters bilden. Das Abbild der gesamten Personentransportanlage kann dabei aus vorab definierten Bauteilmodell-Datensätzen sowie generischen Bauteilmodell-Datensätzen zusammengesetzt werden.

Die definierten Bauteilmodell-Datensätze können hierbei Datensätze sein, die eine geplante Konfiguration einzelner Bauteile bezüglich aller für eine Fertigung der Personentransportanlage wesentlicher charakterisierender Eigenschaften wiedergeben. Ein definierter Bauteilmodell-Datensatz kann somit wie ein Teil eines Baukastens eingesetzt werden, da er stets dieselben charakterisierenden Eigenschaften aufweist

beziehungsweise definiert, und kann als Teil des zu bildenden Drahtgerüsts eingesetzt werden.

5 Im Gegensatz hierzu können die generischen Bauteilmodell-Datensätze Datensätze sein, die eine geplante Konfiguration mehrerer verschiedener Bauteile bezüglich mehrerer für eine Fertigung der Personentransportanlage wesentlicher charakterisierender Eigenschaften so wiedergeben, dass ein generischer Bauteilmodell-Datensatz durch Berücksichtigen der zuvor erfassten Kundenspezifikationen um Daten derart ergänzt werden kann, dass es ein einzelnes Bauteil bezüglich aller für eine Fertigung der Personentransportanlage wesentlicher charakterisierender Eigenschaften wiedergibt
10 beziehungsweise definiert.

Beispielsweise kann ein in einer Personentransportanlage zu verbauendes Bauteil, wie z.B. ein Obergurt eines Fachwerks einer Fahrtreppe, abhängig von der geforderten Länge der Personentransportanlage mit unterschiedlichen Längen auszubilden sein. Der
15 generische Bauteilmodell-Datensatz ist somit hinsichtlich vieler seiner charakterisierenden Eigenschaften bereits ausreichend definiert, nicht jedoch hinsichtlich seiner Länge. Die Länge dieses Bauteils muss dann beim Kommissionieren der Personentransportanlage aufgrund der kundenspezifischen Konfigurierungsdaten geeignet gewählt beziehungsweise errechnet werden.
20

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden beim Erstellen der Kommissionierungsdaten statische und/oder dynamische Simulationen durchgeführt und der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz wird unter Berücksichtigung
25 von Ergebnissen der Simulationen erstellt.

Mit anderen Worten können zum Erstellen der Kommissionierungsdaten, welche unter Berücksichtigung der Kundenspezifikationen die Grundlage des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes bilden, Simulationen durchgeführt werden, mit
30 denen statische und/oder dynamische Eigenschaften der kommissionierten Personentransportanlage simuliert werden. Simulationen können beispielsweise in einem Computersystem durchgeführt werden.

Statische Simulationen analysieren hierbei beispielsweise ein statisches Zusammenwirken mehrerer zusammengebaute Bauteile. Mithilfe statischer Simulationen kann beispielsweise analysiert werden, ob es beim Zusammenbau von mehreren definierten Bauteilmodell-Datensätzen oder basierend auf generischen Bauteilmodell-Datensätzen fallgerecht spezifizierter Bauteilmodell-Datensätze zu Komplikationen kommen kann, beispielsweise, da jedes der Bauteile gemäß der im Bauteilmodell-Datensatz hinterlegten charakterisierenden Eigenschaften mit gewissen Fertigungstoleranzen gefertigt wird, sodass es bei ungünstiger Summierung von Fertigungstoleranzen zu Problemen kommen kann.

10

Dynamische Simulationen analysieren beispielsweise ein dynamisches Verhalten von Bauteilen beim Betrieb der zusammengebauten Personentransportanlage. Mithilfe dynamischer Simulationen kann beispielsweise analysiert werden, ob bewegliche Bauteile innerhalb einer Personentransportanlage in einer gewünschten Weise verlagert werden können oder ob beispielsweise Kollisionen zwischen relativ zu einander beweglichen Bauteilen drohen.

15

Gemäß einer konkreten Ausführungsform der Erfindung ist die Personentransportanlage eine Fahrtreppe oder ein Fahrsteig. Die Bauteile der Personentransportanlage sind in diesem Fall vorzugsweise Bauteile eines Fachwerks und Bauteile einer Fördereinrichtung. Die Bauteile eines Fachwerks können Obergurte, Untergurte, Steher, Querstreben, Diagonalstreben, Knotenbleche, Auflagewinkel und/oder Fachwerktrennstellen sein. Die Bauteile einer Fördereinrichtung können Fahrstufen, Fahrpaletten, Förderketten, Fördergurte, Antriebsmaschinen, Betriebsbremsen und/oder Steuerungen sein.

20

25

Mit anderen Worten kann eine Personentransportanlage in Form einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteigs aus einer Vielzahl von Bauteilen zusammengesetzt sein, die einerseits ein Fachwerk bilden, welches eine tragende Struktur der Personentransportanlage darstellt, und die andererseits eine Fördereinrichtung bilden, welche von dem Fachwerk gehalten wird und mithilfe derer Passagiere entlang eines Fahrwegs befördert werden können. Sowohl das Fachwerk als auch die Fördereinrichtung sollten während ihres Betriebs hinsichtlich ihrer Eigenschaften überwacht werden, um beispielsweise

30

Veränderungen rechtzeitig feststellen zu können, die eine Betriebssicherheit und/oder eine Verfügbarkeit der Fahrtreppe bzw. des Fahrsteigs gefährden könnten.

5 Konkrete Ausgestaltungen, wie ein aktualisierter Digitaler-Doppelgänger-Datensatz für eine Fahrtreppe bzw. einen Fahrsteig erstellt werden kann und wie darauf basierend der Zustand der Fahrtreppe bzw. des Fahrsteigs überwacht werden können, werden weiter unten mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen dargelegt.

10 Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist die Personentransportanlage ein Aufzug. Die Bauteile der Personentransportanlage können hierbei Bauteile einer Tragestruktur und/oder Bauteile einer Förderstruktur sein. Die Bauteile der Tragestruktur können Führungsschienen, Wandbefestigungen, Antriebsrahmen, Bodenbefestigungen, Querverstrebungen, Längsverstrebungen und/oder Diagonalverstrebungen sein. Die Bauteile einer Förderstruktur können Aufzugskabinen, Gegengewichte, Tragmittel, 15 Antriebsmaschinen, Bremsvorrichtungen und/oder Steuerungen sein.

20 Ein Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes für den Aufzug sowie ein Überwachen des Zustands des Aufzugs können hierbei in analoger Weise ausgestaltet sein, wie dies hierin schwerpunktmäßig für die Ausgestaltung der Personentransportanlage als Fahrtreppe oder Fahrsteig beschrieben wird.

25 Ausführungsformen des hierin vorgestellten Verfahrens zum Überwachen des Zustands einer Personentransportanlage können mithilfe einer hierfür speziell konfigurierten Vorrichtung durchgeführt werden. Die Vorrichtung kann einen oder mehrere Computer umfassen. Insbesondere kann die Vorrichtung aus einem Computernetzwerk gebildet 30 sein, welches Daten in Form einer Datenwolke (Cloud) verarbeitet. Die Vorrichtung kann hierfür über einen Speicher verfügen, in dem die Daten des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes gespeichert werden können, beispielsweise in elektronischer oder magnetischer Form. Die Vorrichtung kann ferner über Datenverarbeitungsmöglichkeiten verfügen. Beispielsweise kann die Vorrichtung einen Prozessor aufweisen, mithilfe dessen Daten des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes verarbeitet werden können. Die Vorrichtung kann ferner über Schnittstellen verfügen, über die Daten in die Vorrichtung eingegeben und/oder aus der Vorrichtung ausgegeben werden können. Insbesondere kann die Vorrichtung mit Sensoren verbunden sein, die an oder in der Personentransportanlage

- angeordnet sind und mithilfe derer charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage gemessen werden können. Die Vorrichtung kann prinzipiell Teil der Personentransportanlage sein. Vorzugsweise ist die Vorrichtung jedoch nicht in der Personentransportanlage angeordnet, sondern entfernt zu dieser, beispielsweise in einem
- 5 entfernten Kontrollzentrum, von dem aus der Zustand der Personentransportanlage überwacht werden soll. Die Vorrichtung kann auch räumlich verteilt implementiert sein, beispielsweise wenn Daten über mehrere Computer verteilt in einer Datenwolke verarbeitet werden.
- 10 Insbesondere kann die Vorrichtung programmierbar sein, das heißt durch ein geeignetes Computerprogrammprodukt dazu veranlasst werden, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen oder zu steuern. Das Computerprogrammprodukt kann Anweisungen oder Code enthalten, welche beispielsweise den Prozessor der Vorrichtung dazu veranlassen, Daten des Digitaler-
- 15 Doppelgänger-Datensatzes abzuspeichern, auszulesen, zu verarbeiten, zu modifizieren, etc. Das Computerprogrammprodukt kann in einer beliebigen Computersprache verfasst sein.
- 20 Das Computerprogrammprodukt kann auf einen beliebigen computerlesbaren Medium gespeichert sein, beispielsweise einem Flash-Speicher, einer CD, einer DVD, RAM, ROM, PROM, EPROM, etc. Das Computerprogrammprodukt und/oder die damit zu verarbeitenden Daten können auch auf einem Server oder mehreren Servern gespeichert sein, beispielsweise einer Datenwolke, von wo aus sie über ein Netz, beispielsweise das Internet, heruntergeladen werden können.
- 25 Abschließend wird darauf hingewiesen, dass einige der möglichen Merkmale und Vorteile der Erfindung hierin mit Bezug auf unterschiedliche Ausführungsformen sowohl des vorgeschlagenen Verfahrens als auch der entsprechend ausgebildeten Vorrichtung zum Überwachen von Eigenschaften einer Personentransportanlage beschrieben sind. Ein
- 30 Fachmann erkennt, dass die Merkmale in geeigneter Weise kombiniert, übertragen, angepasst oder ausgetauscht werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen.

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Zeichnungen noch die Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind.

- 5 Fig. 1 zeigt eine Personentransportanlage in Form einer Fahrtreppe, bezüglich der ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann.

Fig. 2 zeigt ein tragendes Fachwerk für eine Fahrtreppe

- 10 Fig. 3 zeigt eine Personentransportanlage in Form eines Aufzugs, bezüglich dem ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann.

Fig. 4 veranschaulicht ein Erstellen eines Digitaler-Doppelgänger-Datensatz am Beispiel eines vereinfacht dargestellten Bauteils.

15

Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in den verschiedenen Figuren gleiche oder gleichwirkende Merkmale

20

Zunächst werden zu überwachende Personentransportanlagen hinsichtlich der darin eingesetzten Bauteile kurz und lediglich sehr schematisch beschrieben.

25

Fig. 1 zeigt eine Personentransportanlage 1 in Form einer Fahrtreppe 3, deren Zustand mithilfe des hierin beschriebenen Verfahrens überwacht werden kann. Fig. 2 zeigt ein tragendes Fachwerk 5 einer Fahrtreppe 3, welches in Fig. 1 aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt ist.

30

Die Fahrtreppe 3 verbindet in einem Bauwerk auf unterschiedlichen Höhen gelegene und horizontal voneinander beabstandete Bereiche E1 und E2. Das Fachwerk 5 bildet hierbei eine tragende Struktur und liegt an seinen gegenüberliegenden Enden mit Auflegewinkeln 7 auf Auflagestellen 9 des Bauwerks auf. Das Fachwerk 5 ist aus einer Vielzahl von Bauteilen 11 zusammengesetzt, insbesondere aus Obergurten 13, Untergurten 15, Querstreben 17, Diagonalstreben 19, Stehern 21, Fachwerktrennstellen 23 und Knotenblechen 25. Viele der Bauteile 11 des Fachwerks 5 bestehen zumindest teilweise aus länglichen Metallprofilen. Abmessungen der Bauteile 11 sind dabei so gewählt, dass

- 25 -

das Fachwerk 5 einerseits einen Freiraum zwischen gegenüberliegenden Auflagestellen 9 des Bauwerks überspannen kann und andererseits ausreichend stabil ist, um den auf die mit dem Fachwerk 5 gebildete Fahrtreppe 3 wirkenden Kräften standzuhalten.

- 5 Die Fahrtreppe 3 umfasst eine Fördereinrichtung 27, welche von dem Fachwerk 5 gehalten wird und mittels welcher Passagiere zwischen den beiden Bereichen E1 und E2 befördert werden können. Die Fördereinrichtung 27 umfasst unter anderem Fahrstufen 29, Förderketten 31, eine Antriebsmaschine 33, eine Betriebsbremse 35, eine Steuerung 36, von der Antriebsmaschine 33 angetriebene Umlenkkettenräder 37 und
- 10 Umlenkscheiben 39. Die Fahrtreppe 3 umfasst ferner eine Balustrade 41 mit einem darauf laufenden Handlauf 43.

- Alternativ kann die Personentransportanlage 1 auch als Fahrsteig (nicht dargestellt) ausgestaltet sein, der hinsichtlich vieler seiner Bauteile 11 ähnlich oder gleich wie eine
- 15 Fahrtreppe 3 aufgebaut ist.

- In einer weiteren alternativen Ausgestaltung ist die Personentransportanlage 1 als Aufzug 51 ausgebildet. Ein beispielhafter Aufzug 51 ist in Fig. 3 dargestellt. Der Aufzug 51 verfügt über einen Aufzugschacht 53, in dem eine Fördereinrichtung 66 und eine diese
- 20 Fördereinrichtung 66 haltende Tragestruktur 80 aufgenommen sind. Eine Aufzugskabine 55 und ein Gegengewicht 57 sind an Tragmitteln 59 in Form von Riemen aufgehängt. Eine Antriebsmaschine 61 sowie eine Bremsvorrichtung 63 treiben die Tragmittel 59 an beziehungsweise bremsen diese bei Bedarf. Eine Steuerung 65 steuert den Betrieb des Aufzugs 51. Die Aufzugskabine 55 und gegebenenfalls auch das Gegengewicht 57 werden
- 25 bei ihrer Bewegung durch den Aufzugschacht 53 mithilfe von Führungsschienen 67 geführt. Die Führungsschienen 67 sind über Wandbefestigungen 69 und Bodenbefestigungen 73 mit tragenden Strukturen innerhalb des Aufzugschachts 53 verbunden. Ferner sorgen eventuell Querverstrebungen 75, Längsverstrebungen 77 und Diagonalverstrebungen 79 für eine ausreichende mechanische Stabilisierung der
- 30 Führungsschienen 67. Die Führungsschienen tragen ferner einen Antriebsrahmen 71, an dem die Enden der Tragmittel 59 sowie die Antriebsmaschine 61, die Bremsvorrichtung 63 und die Steuerung 65 befestigt sind.

Der Produktlebenszyklus einer Fahrtreppe 3, eines Fahrsteiges oder eines Aufzuges 51 wird von verschiedenen Softwaresystemen und Datenbanken begleitet. Diese sind im Allgemeinen nicht miteinander in einem Maße miteinander verknüpft, dass darin enthaltene Daten durchgängig durch alle Systeme automatisch verfügbar sind. Während
5 eine Produktentwicklung, eine auftragsspezifische Konfigurierung durch den Verkauf und aufgrund dieser Konfigurierung spezifizierte Produktionsunterlagen und Daten teilweise bereits heute mehr oder weniger gut miteinander verknüpft sind, fehlt in der Regel eine konsequente Begleitung und Dokumentierung im After-Sales-Bereich. Dies kann beispielsweise dazu führen, dass ein Servicetechniker oft zuerst vor Ort eine
10 Personentransportanlage 1 begutachten muss, um dann entsprechende Maßnahmen durchzuführen, wie z. B. erforderliches Material zu beschaffen, Termine für Wartung und Reparatur festzulegen, ausgebautes Material fachgerecht zu entsorgen, etc.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dem realen Produkt einen digitalen
15 Doppelgänger zur Seite zu stellen, und zwar vorzugsweise durchgehend für den gesamten Produktlebenszyklus, das heißt nicht lediglich während des Fertigungs der Personentransportanlage 1, sondern auch nach deren Fertigstellung und bei deren anschließendem Betrieb.

Ein den digitalen Doppelgänger darstellender aktualisierter Digitaler-Doppelgänger-Datensatz kann hierbei bereits während des Fertigstellungsvorgangs basierend auf
20 Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung von Kundenspezifikationen als Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz, beispielsweise unter Heranziehung von während der Planung eingesetzten CAD-Daten, erstellt werden. Dabei
25 können Bauteile anhand von zuvor definierten Bauteilmodell-Datensätzen oder generischen Bauteilmodell-Datensätzen kommissioniert werden.

Der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz kann dann unter Berücksichtigung von Fertigungsspezifikationen modifiziert werden. Der Kommissionierungs-
30 Digitaler-Doppelgänger-Datensatz umfasst dabei Soll-Daten, die ein virtuelles Abbild der zu fertigenden Personentransportanlage 1 darstellen. Basierend auf dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz kann dann die Personentransportanlage 1 gefertigt werden.

Nach einer Fertigstellung der Personentransportanlage 1 können die im Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Soll-Daten durch Ist-Daten, wie sie durch Vermessen der tatsächlichen Konfiguration der gefertigten Personentransportanlage 1 erhalten werden können, ersetzt oder ergänzt werden.

5 Hierdurch entsteht der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz.

Bereits dieser Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthält Daten, welche charakterisierende Eigenschaften der in der Personentransportanlage 1 verbauten Bauteile 11 in ihrer tatsächlichen Konfiguration, das heißt nach Fertigstellung der Personentransportanlage und Installation derselben in dem Bauwerk, wiedergeben. Somit kann der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz als aktualisierter Digitaler-Doppelgänger-Datensatz bereits zur Überwachung von Eigenschaften der Personentransportanlage 1 verwendet werden. Hierzu kann der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz beispielsweise in einer Überwachungsvorrichtung 87, welche in einem entfernt gelegenen Kontrollzentrum angeordnet sein kann, gespeichert und

10

15

verarbeitet werden.

Beispielsweise können die in dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Ist-Werte von Bauteileigenschaften, wie sie tatsächlich in der Personentransportanlage 1 vorliegen, mit bei der Kommissionierung angenommenen Soll-Werten verglichen werden. Aus etwaigen erkannten Unterschieden zwischen den Ist-Werten und den Soll-Werten können beispielsweise Rückschlüsse auf zukünftig zu erwartende Eigenschaften der Personentransportanlage 1 gezogen werden. Beispielsweise kann basierend auf solchen Unterschieden prognostiziert werden, wann mit bestimmten Verschleißerscheinungen zu rechnen ist, woraus wiederum abgeschätzt werden kann, wann und/oder in welcher Weise erste Wartungsmaßnahmen notwendig werden dürften. Mit anderen Worten kann bereits basierend auf dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz eine Abschätzung oder Simulation zukünftiger charakterisierender Eigenschaften der Personentransportanlage 1 erfolgen und somit zukünftig durchzuführende Wartungsarbeiten geplant werden. Zudem können in der Überwachungseinrichtung 87 den charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen zugeordnete Beurteilungskriterien wie beispielsweise eine maximale Kettenlänge von Förderketten 31, eine Obergrenze der Leistungsaufnahme der Antriebsmaschine 33, maximale und/oder minimale Abmaße bei Verschleißstellen und dergleichen mehr

20

25

30

5 hinterlegt sein. Diese geben die maximal zulässigen Abweichungen ausgehend von den Soll-Werten der charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen vor. Die charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz können dann auch mit diesen Beurteilungskriterien verglichen werden.

10 Um auch während des Betriebs einen digitalen Doppelgänger der Personentransportanlage 1 zur Verfügung stellen zu können, werden zumindest manche der in dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten während des Betriebs der Personentransportanlage von Zeit zu Zeit aktualisiert. Für diesen Zweck können in der Personentransportanlage 1 Sensoren vorgesehen sein, mithilfe derer Messwerte ermittelt werden können, welche Veränderungen von charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen 11 der Personentransportanlage 1 während deren Betrieb wiedergeben. Unter Berücksichtigung dieser Messwerte können die in dem

15 Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten modifiziert werden. Der hierdurch erzeugte aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz gibt somit auch ein virtuelles Abbild eines fortlaufend aktualisierten Zustands der Personentransportanlage 1 in ihrer tatsächlichen Konfiguration während des Betriebs wieder.

20 Unter Verwendung des digitalen Doppelgängers können somit sowohl Aussagen über den aktuell vorherrschenden Zustand der Personentransportanlage 1, beispielsweise durch Vergleich mit Sollwerten oder Erwartungswerten, als auch Aussagen über einen zukünftig zu erwartenden Zustand der Personentransportanlage 1, beispielsweise mittels

25 Simulationen oder Extrapolationen basierend auf den Daten des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes, getroffen werden. Hierdurch können wiederum beispielsweise durchzuführende Wartungsarbeiten situationsgerecht und zielgerichtet geplant werden.

30 Um die aktuell vorherrschenden tatsächlichen charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen 11 in der Personentransportanlage 1 messen zu können, können in der Personentransportanlage 1 verschiedene Sensoren 81 vorgesehen sein, mithilfe derer bestimmte charakterisierende Parameter überwacht werden können, die einen Rückschluss auf Veränderungen bei den charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile

- 11 der Personentransportanlage 1 ermöglichen. Generell ist eine Vielzahl unterschiedlichster Sensoren 81 für diesen Zweck einsetzbar. Lediglich beispielhaft sind in dem Aufzug 51 Kraftsensoren 83 dargestellt, die auf die verschiedenen Wandbefestigungen 69, am Antriebsrahmen 71 und Bodenbefestigungen 73 wirkende
- 5 Kräfte messen können, wodurch sich Rückschlüsse hinsichtlich auf die Führungsschienen 61 wirkende Kräfte und somit auf beispielsweise etwaige mechanische Verspannungen ziehen lassen. Für eine Personentransportanlage 1 in Form einer Fahrtreppe 3 ist lediglich beispielhaft ein Kamerasystem 85 dargestellt, mithilfe dessen der Zustand beispielsweise von Fahrstufen 29 oder der Förderketten 31 auf etwaig auftretenden Verschleiß hin
- 10 überwacht werden kann. Ergänzend können beispielsweise auch in dem Fachwerk 5 Kraftsensoren 83 ähnlich wie bei dem Aufzug 51 vorgesehen sein. Die Sensoren können ihre Signale beispielsweise drahtgebunden oder über ein Funknetzwerk an die Überwachungsvorrichtung 87 übermitteln.
- 15 Zusammenfassend und mit anderen Worten kann zuerst mit der Erstellung des digitalen Doppelgängers begonnen werden, indem beispielsweise aus spezifischen und generischen Bauteilmodell-Datensätzen unter Einbeziehung der Kundenspezifikationen ein digitaler Doppelgänger im Engineering-Stadium (das heißt eine auftragsspezifische, generierte Stückliste, wie sie manchmal auch als EBOM („Engineering Bill of Materials“)
- 20 bezeichnet wird) erzeugt wird. Die generischen Bauteilmodell-Datensätze enthalten Bauteildaten wie deren Abmessungen, Toleranzen, Oberflächenstrukturen, andere charakterisierende Eigenschaften, Schnittstelleninformationen zu angrenzenden Bauteilen und dergleichen mehr. Anschließend können verschiedene Simulationen wie statische Simulationen, beispielsweise in Form von Toleranzbetrachtungen, und dynamische
- 25 Simulationen, beispielsweise zur Kollisionsüberprüfung, durchgeführt werden. Aus der auftragsspezifischen, generierten Stückliste (EBOM) wird durch die Anwendung produktionsspezifischer Regeln eine produktionstaugliche Stückliste (manufacturing BOM - MBOM) und die zugehörigen Fertigungsdaten generiert.
- 30 Als Beispiel des Zusammenwirkens von generischen Bauteilmodell-Datensätzen und der Kundenspezifikation kann die Erzeugung einer auftragsspezifisch generierten Stückliste (EBOM) eines Fachwerkes 5 für die Fahrtreppe 3 herangezogen werden. Der Kunde definiert in seiner Kundenspezifikation die für die Auslegung des Fachwerkes 5 relevanten Angaben, wie z.B. ein Einsatzgebiet (Kaufhaus, öffentliches Bauwerk wie

Bahnhof, U-Bahn etc.), eine Förderhöhe, eine Stufenbreite (und damit eine Förderkapazität), eine Länge (wobei aus der Länge und der Förderhöhe ein Winkel des schrägen Bereichs zwischen den Zutrittsbereichen ermittelt wird) und den Balustradentyp (z.B. Glasbalustrade, Balustrade für Verkehrstreppen). Als generische Bauteilmodell-

5 Datensätze sind die einzelnen Bauteile 11 des Fachwerkes 5 wie Obergurte 13, Untergurte 15, Querstreben 17, Auflagewinkel 7, Fachwerktrennstellen 23, etc. sowie definierte Bauteilmodell-Datensätze wie Steher 21, Diagonalstreben 19, Knotenbleche 25, etc. vorhanden, wobei beispielsweise die Länge der Obergurte 13 und Untergurte 15, die Länge der Querstreben 17 sowie die Anzahl der Steher 21 von den

10 Kundenspezifikationen abhängig sind. Entsprechend den eingegebenen Kundenspezifikationen werden die einzelnen Bauteile 11 des Fachwerks 5 mit ihren spezifischen Dimensionen aus den generischen und definierten Bauteilmodell-Datensätzen erzeugt. Die Auslegung erfolgt zum Beispiel so, dass mittels der Kundenspezifikationen „Förderhöhe“, „horizontaler Abstand der Auflagewinkel“,

15 „Stufenbreite“ und/oder „Förderkapazität“ ein sogenanntes virtuelles Drahtgerüst des Fachwerks 5 erstellt wird. Die einzelnen Bauteile 11 werden nun anhand dieses virtuellen Drahtgerüsts ausgelegt, insbesondere hinsichtlich ihrer Dimensionen, insbesondere ihrer Längen, und deren Anzahl bestimmt. Aus den Kundenspezifikationen ist auch zu entnehmen, wie viele Fachwerktrennstellen 23 vorzunehmen sind, damit die Fahrtreppe 3

20 beispielsweise in Segmenten ins Gebäude gebracht werden kann. Aufgrund der Fachwerktrennstellen 23 sind eventuell andere Teile erforderlich und die Obergurte 13 und Untergurte 15 müssen in der Regel mehrteilig sein.

In analoger Weise kann eine EBOM auch für einen Aufzug 51 erstellt werden, indem eine

25 Soll-Konfiguration für eine Fördereinrichtung 66 und eine Tragestruktur 80 unter Berücksichtigung von Kundenspezifikationen ermittelt wird. Dabei können beispielsweise eine Größe der Aufzugskabine 55, ein Gewicht des Gegengewichts 57, eine Auslegung der Tragmittel 59, der Antriebsmaschine 61 und der Bremsvorrichtung 63 sowie der Steuerung 65 geeignet gewählt werden. Ferner können Abmessungen und

30 andere charakterisierende Eigenschaften der Führungsschienen 67, der Wandbefestigungen 69, des Antriebsrahmens 71, der Bodenbefestigungen 73, der Querverstrebungen 75, der Längsverstrebungen 77, der Diagonalverstrebungen 79 sowie von nicht dargestellten Schachttüren und Kabinentüren geeignet gewählt werden.

Zugehörige Daten können in dem Kommissions-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz gespeichert werden.

5 Als Beispiel für die aus der EBOM generierte MBOM kann wiederum das Fachwerk 5 dienen. Produktionsspezifische Regeln betreffen beispielsweise die am Produktionsstandort verfügbaren Materialqualitäten oder die je nach Produktionsstandort vorhandene Fertigungsgüte der Produktionsmittel. Ein weiterer Einflussfaktor kann zudem das Produktionslayout der Fabrikationsstätte sein, welches gegebenenfalls nicht alle wünschenswerten Produktionsabläufe zulässt. Entsprechend werden
10 charakterisierende Eigenschaften der Bauteilmodell-Datensätze modifiziert, Durchlaufpläne hinzugefügt und dergleichen mehr.

Die Fertigung der Personentransportanlage erfolgt auf Basis der Fertigungsdaten (MBOM), wobei mit zunehmendem Fertigungsfortschritt die Fertigungsdaten durch die
15 physischen Daten, das heißt vom physischen Produkt abgenommene Ist-Werte, ersetzt werden. Hierbei werden beispielsweise die reellen Bauteilabmessungen sowie die montagerlevanten Daten wie unter anderem Anzugsdrehmomente von Schraubenverbindungen, Einsatzstellen von Schmierstoffen und dergleichen mehr erfasst und auf den digitalen Doppelgänger beziehungsweise Kommissionierungs-Digitaler-
20 Doppelgänger-Datensatz übertragen und dieser dadurch zum Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz mutiert. Bei der Auslieferung der Personentransportanlage existiert parallel zu dieser ein digitaler Doppelgänger beziehungsweise Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz, der im Idealfall haargenau dem physischen Produkt entspricht.

25 Beim Einbau der Personentransportanlage in das Bauwerk und bei der Inbetriebnahme können weitere Daten wie beispielsweise die Betriebsdaten und von Sensoren übermittelte Messdaten im digitalen Doppelgänger nachgeführt werden, so dass der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz zum aktualisierten Digitaler-
30 Doppelgänger-Datensatz mutiert wird. Dies geschieht kontinuierlich oder periodisch auch nach der Inbetriebnahme.

Periodische Abfragen am digitalen Doppelgänger wie beispielsweise verschleißbedingte, geometrische Veränderungen können mittels Kollisionssimulationen bewertet und

Wartungsarbeiten geplant werden. Wartungsinstruktionen für das Wartungspersonal können ebenfalls unter Zuhilfenahme des digitalen Doppelgängers generiert werden. Konsequenterweise werden beim wartungsbedingten Austausch von Bauteilen auch deren Bauteilmodell-Datensätze im digitalen Doppelgänger dieser Personentransportanlage mit
5 den, dem neu eingebauten physischen Bauteil entsprechenden Ist-Daten nachgeführt. Schlussendlich können bereits vor dem Abbruch der Anlage deren einzelne Bauteile bewertet und umweltgerecht einer Weiterverwendung, Aufbereitung oder Entsorgung zugeführt werden.

10 Um mögliche Ausgestaltungen von Verfahrensschritten, welche beim Erstellen eines Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf generischen Bauteilmodell-Datensätzen durchzuführen sind, zu verdeutlichen, wird dieser Vorgang beispielhaft mit Bezug auf Fig. 4 erläutert. Dabei wird dargestellt, wie für ein sehr einfaches Bauteil in Form eines Parallelogramm-förmigen Blechs ein Digitaler-Doppelgänger-Datensatz
15 erstellt wird.

Zunächst wird im Rahmen einer Forschung und Entwicklung (R & D) ein generischer Bauteilmodell-Datensatz erzeugt (siehe Fig. 4(a)). Dabei werden für das Bauteil Soll-Werte bezüglich zu erreichender charakterisierender Eigenschaften ermittelt. Im
20 dargestellten Beispiel werden Soll-Variablen A, B, α von geometrischen Eigenschaften, das heißt einer Breite, einer Höhe und eines Winkels des Parallelogramms, ermittelt. Ferner wird für jede Soll-Variable ein zugehöriger Toleranzbereich T_A , T_B , T_C festgelegt. Die Blechdicke ist bei allen Ausführungsvarianten dieses Bauteils gleich und gehört somit zu den definierten charakterisierenden Eigenschaften dieses generischen
25 Bauteilmodell-Datensatzes.

Anschließend werden während des Vertriebs der Personentransportanlage Kundenspezifikationen festgelegt (siehe Fig. 4(b)). Basierend auf diesen Kundenspezifikationen wird für jede der Soll-Variablen ein für die konkrete
30 Personentransportanlage passender Soll-Wert ermittelt. Im dargestellten Beispiel wird die Breite zu $A = 5$, die Höhe zu $B = 2$ und der Winkel zu $\alpha = 70^\circ$ festgelegt. Durch diese Festlegung wird aus dem generischen Bauteilmodell-Datensatz ein definierter Bauteilmodell-Datensatz, beschrieben durch Kommissionierungsdaten. Dieser definierte Bauteilmodell-Datensatz kann als EBOM dienen.

Anschließend werden die Kommissionierungsdaten des definierten Bauteilmodell-Datensatzes dahingehend konkretisiert, dass die zuvor lediglich basierend auf den Kundenspezifikationen ermittelten Soll-Werte unter Berücksichtigung von

5 Fertigungsspezifikationen zu Fertigungsdaten modifiziert werden. Beispielsweise können hierbei Werkstoffangaben des Fertigungslandes, eines OEM-Herstellers, oder Ähnliches berücksichtigt werden. Hierdurch werden letztendlich die Kommissionierungsdaten des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes in Form einer als

10 Fertigungsdaten ausgewiesenen MBOM ergänzt, welche beim Fertigen des Bauteils herangezogen werden kann und als virtuelles Abbild des zu fertigenden Bauteils dient. Dabei werden auch bei der Ermittlung von Toleranzangaben T_A , T_B , T_C die tatsächlich bei der Fertigung zu vorherrschenden Fertigungsspezifikationen berücksichtigt.

Abschließend werden zumindest ein Teil der charakterisierenden Eigenschaften des

15 anhand der Fertigungsdaten hergestellten Bauteils vermessen. Dabei werden im dargestellten Fall die Maße des Bauteils in ihrer tatsächlichen Konfiguration (Ist-Werte) nach deren Zusammenbau zu der Personentransportanlage und der Installation der Personentransportanlage gemessen. Da sich die charakterisierenden Eigenschaften des Werkstoffes während der Fertigung nicht ändern, kann beispielsweise lediglich überprüft

20 werden, ob das richtige Material verwendet wurde, ohne aber sämtliche Materialeigenschaften wie die Zugfestigkeit, Scherfestigkeit, Biegeweichfestigkeit, Kerbschlagzähigkeit, das Korrosionsverhalten, das kristalline Gefüge, Legierungsbestandteile und dergleichen mehr zu prüfen. Gegebenenfalls können basierend auf Sensorsignalen auch die Maße des Bauteils in ihrer tatsächlichen

25 Konfiguration während des Betriebs der Personentransportanlage wiederholt gemessen werden. Hierdurch lassen sich z.B. Abweichungen zwischen den Ist-Werten an installierten und gegebenenfalls betriebenen Bauteilen von den zugehörigen Soll-Werten ermitteln. Im dargestellten Beispiel sind solche Abweichungen $\Delta A = 0,06$, $\Delta B = 0,1$ und $\Delta C = 0,5^\circ$.

30 Die aufgefundenen Abweichungen können beispielsweise statistisch für mehrere Bauteile eines Bauteiltyps analysiert werden. Ergebnisse können beispielsweise bei der Erforschung und Entwicklung eines modifizierten generischen Bauteilmodell-Datensatzes des betroffenen Bauteiltyps berücksichtigt werden.

Anders ausgedrückt können die Daten aus vielen Digitaler-Doppelgänger-Auswertungen auch zur Beurteilung der Robustheit des Designs eines Bauteiltyps herangezogen werden.

- 5 Bisher konnte diese Robustheit beispielsweise nur im Hinblick auf die Fertigungsgüte beurteilt werden, indem durch die Erfassung der Ist-Maße der physischen Bauteile und deren Vergleich mit einem Toleranzband der erfassten Maße überprüft wird, ob Fertigungsmittel einer geforderten Bauteilgüte entsprechen. Wenn beispielsweise die Längen gleicher Bauteile eines Bauteiltyps immer an den Toleranzgrenzen sind, bedeutet
10 das entweder, dass die Fertigungsmittel nicht gut genug sind oder dass das Toleranzband zu eng gewählt wurde.

- Die Robustheit eines Bauteiltyps kann Mithilfe der hierin vorgestellten digitalen Doppelgänger nun auch im Hinblick auf Qualitätseigenschaften, das heißt zum Beispiel
15 eine Einsatzgüte, beurteilt werden, indem Verschleiß und/oder Ausfälle gleicher Bauteile eines Bauteiltyps beurteilt werden können. Hierbei können nicht nur durch statistische Auswertungen mögliche Schwachstellen identifiziert werden, sondern durch eine volle Verfügbarkeit der Ist-Maße und einem dynamischen Zusammenspiel der Bauteile können auch mögliche Ursachen von Betriebsschäden eruiert werden.

- 20 Wenn beispielsweise ein Gleitlager einer Produktionsserie von Personentransportanlagen übermäßigem Verschleiß unterworfen ist, kann die Ursache eine zu hohe Belastung aufgrund der Kundenspezifikation sein. Es ist aber auch möglich, dass die Ist-Maße von Bohrung und Achse eines verbauten Produktionsloses einen zu engen oder zu großen
25 Lagerspalt verursachen. Ferner ist auch möglich, dass ein anderes Bauteil, beispielsweise ein zu großer Schienenstoß, Belastungen verursacht hat, für die das Gleitlager nicht ausgelegt war. Mittels dynamischen Simulationen und statistischen Auswertungen an den digitalen Doppelgängern kann die entsprechende Ursache gefunden werden. Die gefundene Ursache kann in einer Änderung der Auslegung des betroffenen Bauteiltyps
30 oder in einer Änderung angrenzender Bauteile oder in einer Änderung der zulässigen Kundenspezifikationen im Verkaufsprozess (beispielsweise einer Reduzierung der maximalen Förderhöhe) berücksichtigt werden.

- Zusammengefasst ermöglichen das hierin vorgeschlagene Verfahren bzw. eine entsprechend ausgestaltete Vorrichtung, den aktuellen Zustand einer Transportanlage unter Verwendung des geeignet erstellten aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes zu überwachen, wodurch Wartungsmaßnahmen situationsgerechter bzw. den
- 5 tatsächlichen Anforderungen entsprechender geplant werden können und somit erhebliche Kosten eingespart werden können und/oder wodurch Bauteiltypen derart entworfen bzw. modifiziert werden können, dass sie den Anforderungen, wie sie real im Betrieb einer Personentransportanlage auftreten, besser genügen.
- 10 Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass Begriffe wie „aufweisend“, „umfassend“, etc. keine anderen Elemente oder Schritte ausschließen und Begriffe wie „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließen. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener
- 15 Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen eines Zustands einer Personentransportanlage (1),
dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachung des Zustands der
- 5 Personentransportanlage (1) unter Verwendung eines aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes erfolgt, welcher charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen (11) der Personentransportanlage (1) in einer tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage (1) nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk in maschinen-verarbeitbarer Weise wiedergibt, wobei mittels der Überwachung
- 10 Veränderungen und Veränderungstrends der charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen (11) verfolgt und beurteilt werden und wobei das Verfahren ferner ein vorgängiges Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes beinhaltet; welches Erstellen zumindest die Schritte umfasst:
- Erstellen eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes mit

15 Soll-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen (11) der Personentransportanlage (1) in einer Soll-Konfiguration wiedergeben;

 - Erstellen eines Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Messen von

20 Ist-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen (11) der Personentransportanlage (1) in der tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage (1) direkt nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk wiedergeben und Ersetzen von Soll-Daten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch entsprechende Ist-Daten; und

 - Erstellen des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Modifizieren des

25 Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während des Betriebs der Personentransportanlage (1) unter Berücksichtigung von Messwerten, welche Änderungen von charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen (11) der

30 Personentransportanlage (1) während deren Betriebs wiedergeben.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensatz Daten umfasst, welche durch Messen charakterisierender Eigenschaften an der

fertiggestellten Personentransportanlage (1) ermittelt wurden.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die charakterisierenden Eigenschaften eines Bauteils (11) ausgewählt sind aus einer Gruppe
- 5 umfassend geometrische Abmessungen des Bauteils (11), Gewicht des Bauteils (11), Materialeigenschaften des Bauteils (11) und Oberflächenbeschaffenheiten des Bauteils (11).
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Überwachen des
- 10 Zustandes der Personentransportanlage (1) ein Simulieren zukünftiger charakterisierender Eigenschaften der Personentransportanlage (1) unter Verwendung des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes umfasst.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:
- 15 Planen von durchzuführenden Wartungsarbeiten an der Personentransportanlage (1) basierend auf Informationen über den überwachten Zustand der Personentransportanlage (1).
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:
- 20 Beurteilen von Qualitätseigenschaften eines Typs eines Bauteils (11) basierend auf einer Analyse von aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensätzen mehrerer das betreffende Bauteil (11) enthaltender Personentransportanlagen (1).
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Erstellen des
- 25 Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes ein Erstellen von Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung von Kundenspezifikationen sowie ein Erstellen von Fertigungsdaten durch Modifizieren der Kommissionierungsdaten unter Berücksichtigung von Fertigungsspezifikationen umfasst.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei beim Erstellen der Kommissionierungsdaten
- 30 ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage (1) unter Einsatz generischer Bauteilmodell-Datensätze (11) der Personentransportanlage (1) und unter Einbeziehung der Kundenspezifikationen erzeugt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei beim Erstellen der
Kommisionierungsdaten Simulationen aus einer Gruppe umfassend statische und
dynamische Simulationen durchgeführt werden und wobei der Kommisionierungs-
Digitaler-Doppelgänger-Datensatz unter Berücksichtigung von Ergebnissen der
5 Simulationen erstellt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Personentransportanlage
(1) ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Fahrtreppen (3) und Fahrsteige und wobei
die Bauteile (11) der Personentransportanlage (1) ausgewählt sind aus einer Gruppe
10 umfassend:
- Bauteile (11) eines Fachwerks (5) umfassend mehrere Bauteile (11) ausgewählt aus
einer Untergruppe umfassend Obergurte (13), Untergurte (15), Steher (21), Querstreben
(17), Diagonalstreben (19), Knotenbleche (25), Auflagewinkel (7) und
Fachwerktrennstellen (23); und
15 - Bauteile (11) einer Fördereinrichtung (27) umfassend wenigstens ein Bauteil (11)
ausgewählt aus einer Untergruppe umfassend Fahrstufen (29), Fahrpaletten, Förderketten
(31), Fördergurte, Umlenkkettenräder (37), Umlenkscheiben (39), Antriebsmaschinen
(33), Betriebsbremsen (35) und Steuerungen (36).
- 20 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 10, wobei die
Personentransportanlage (1) ein Aufzug (51) ist und wobei die Bauteile (11) der
Personentransportanlage (1) ausgewählt sind aus einer Gruppe umfassend:
- Bauteile einer Tragestruktur (80) umfassend mehrere Bauteile (11) ausgewählt aus einer
Untergruppe umfassend Führungsschienen (67), Wandbefestigungen (69),
25 Antriebsrahmen (71), Bodenbefestigungen (73), Querverstrebungen (75),
Längsverstrebungen (77) und Diagonalverstrebungen (79); und
- Bauteile einer Fördereinrichtung (66) umfassend wenigstens ein Bauteil (11) ausgewählt
aus einer Untergruppe umfassend Aufzugskabinen (55), Gegengewichte (57), Tragmittel
(59), Antriebsmaschinen (61), Bremsvorrichtungen (63) und Steuerungen (65).
30
12. Vorrichtung (87) zum Überwachen eines Zustands einer Personentransportanlage
(1), wobei die Vorrichtung dazu konfiguriert ist, den Zustand der
Personentransportanlage (1) zu überwachen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
Überwachung unter Verwendung eines aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-

- Datensatzes, welcher charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen (11) der Personentransportanlage (1) in einer tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage (1) nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk in maschinen-verarbeitbarer Weise wiedergibt, erfolgt und dass mittels der Überwachung
- 5 Veränderungen und Veränderungstrends der charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen (11) verfolgbar und beurteilbar sind, wobei mittels der Vorrichtung auch der aktualisierte Digitaler-Doppelgänger-Datensätze schrittweise erstellbar ist, indem:
- ein Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz mit Soll-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen (11) der
 - 10 Personentransportanlage (1) in einer Soll-Konfiguration wiedergeben, mittels generischen Bauteilmodell-Datensätzen und definierten Bauteilmodell-Datensätzen erstellbar ist;
 - ein Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz basierend auf dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Messen von Ist-
 - 15 Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen (11) der Personentransportanlage (1) in der tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage (1) direkt nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk wiedergeben und Ersetzen von Soll-Daten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch entsprechende Ist-
 - 20 Daten erstellbar ist; und
 - der aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz basierend auf dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Modifizieren des Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während des Betriebs der Personentransportanlage (1) unter Berücksichtigung von Messwerten, welche
 - 25 Änderungen von charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen (11) der Personentransportanlage (1) während deren Betriebs wiedergeben, erstellbar ist.
13. Personentransportanlage (1), umfassend eine Vorrichtung gemäß Anspruch 12.
- 30 14. Computerprogrammprodukt, umfassend maschinenlesbare Programmanweisungen, welche bei Ausführung auf einer programmierbaren Vorrichtung die Vorrichtung zum Durchführen oder Steuern eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 veranlassen.

15. Computerlesbares Medium mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 14.